

Université de Paris
Faculté des Lettres et Sciences Humaines

CHOIX
ET APPRENTISSAGE
EN SITUATION
ALÉATOIRE

THÈSE
POUR LE DOCTORAT DU 3^e CYCLE

présentée par

Christian GEORGE

Editions du Centre National de la Recherche Scientifique

1971



CHOIX ET APPRENTISSAGE
EN SITUATION ALÉATOIRE



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549016_0003

Université de Paris
Faculté des Lettres et Sciences Humaines

CHOIX
ET APPRENTISSAGE
EN SITUATION
ALÉATOIRE

THÈSE
POUR LE DOCTORAT DU 3^e CYCLE

présentée par
Christian GEORGE

Editions du Centre National de la Recherche Scientifique

1971

CHOIX
ET APPRENTISSAGE
EN SITUATION
ALÉATOIRE

THÈSE
POUR LE DOCTORAT DU 2^e CYCLE

Présentée par
Christian GEORGIS

Au Professeur M. REUCHLIN,

*Qui encouragea l'étudiant à devenir chercheur, je dédie
ce premier travail, modeste validation de la confiance
dont il m'a honoré.*

Je tiens à remercier tout particulièrement le Professeur P. FRAISSE pour l'intérêt constant et les conseils pertinents qu'il m'a apportés dans l'élaboration et la rédaction de cette thèse.

Je remercie également mes collègues, chercheurs et techniciens, du Laboratoire de Psychologie Expérimentale de la Sorbonne, spécialement H. ROUANET et D. LEPINE, dont l'aide amicale m'a été précieuse tout au long de mes recherches.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	15
--------------------	----

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE I. — LES EXPÉRIENCES DE CHOIX EN SITUATION ALÉATOIRE	23
I. — <i>Comment caractériser une classe d'expérience</i>	23
1. Intérêt d'une tentative de classification	23
2. Les contraintes d'une tentative de classification ..	24
II. — <i>Les éléments de la description des situations de choix</i> ..	26
1. Remarques préalables	26
2. La situation-stimulus	27
3. Les réponses	28
4. Les issues	29
III. — <i>Règles de présentation des stimulus et des issues</i>	32
1. Règle de présentation des stimulus	32
2. Règle de présentation des issues	35
IV. — <i>Place des expériences de prédiction en situation aléatoire dans une classification des situations de choix</i>	37
1. Expérience de choix en situation aléatoire	37
2. Expérience de prédiction en situation aléatoire ...	39
CHAPITRE II. — L'AJUSTEMENT	41
I. — <i>Bref rappel historique</i>	41

II. — <i>Mise en évidence de la loi de l'ajustement</i>	45
1. L'expérience de GRANT, HAKE, HORNSETH (1951) ...	45
2. Incidence historique de résultat	46
III. — <i>Quelques problèmes méthodologiques</i>	48
1. Le dispositif expérimental	48
2. Les expériences de prédiction simple	49
3. Résultats individuels et moyennes inter-individuelles	50
4. La constitution de la série aléatoire	51
IV. — <i>Variables ayant une incidence sur l'ajustement</i>	51
1. La consigne	52
2. Les conditions temporelles	54
3. Le nombre d'essais	56
4. La valeur de π_1	56
5. Le nombre d'éventualités	56
6. Gain et coût des réponses	57
7. Situation comportant des « essais blancs »	60
8. Situation de prédictions avec issues dépendantes des réponses	61
V. — <i>Etudes comparées</i>	62
1. Expériences avec des enfants	63
2. Le quotient intellectuel	63
3. Expérience avec des animaux	63
VI. — <i>Probabilité de réponse et estimation de la probabilité des issues</i>	65
1. Une nouvelle variable dépendante	65
2. Résultats antérieurs : moyennes inter-individuelles .	65
3. Au niveau individuel : l'expérience I	66
4. Remarques finales	68
VII. — <i>Conclusions</i>	69
CHAPITRE III. — <i>LES EFFETS SÉQUENTIELS</i>	71
I. — <i>Objet du présent chapitre</i>	71
II. — <i>L'expérience princeps de JARVIK</i>	72
1. L'expérience de JARVIK	72
2. Incidence historique de cette expérience	72

III. — Quelques problèmes méthodologiques	73
1. Terminologie	73
2. Un problème délicat : indépendance des événements et fréquence des files fermées d'événements	74
3. Le mode de constitution de la série	78
4. La représentation graphique	79
IV. — Variables avant une incidence sur l'effet de récence ...	80
1. En fonction de π_1	80
2. En fonction du nombre d'essais	81
3. En fonction de l'information et de la procédure	82
4. En fonction de la distribution des effectifs des files fermées	83
V. — Etudes comparatives	84
1. Les études génétiques	84
2. Les études animales	84
VI. — Autres effets séquentiels liés aux issues séquentielles antécédentes	85
1. Le calcul de l'information transmise	85
2. Analyse systématique	86
VII. — Effets séquentiels liés aux réponses précédentes	87
VIII. — De l'origine des effets de récence	88
1. Le problème posé	88
2. La représentation d'une série aléatoire par les sujets.	89
3. Deux hypothèses classiques sur les effets de récence.	90
4. L'expérience II	91
5. Remarques finales	94
IX. — En guise de conclusions : Jalons pour les chapitres ulté- rieurs	94
CHAPITRE IV. — LE NON-EMPLOI DE LA STRATÉGIE PURE	97
I. — Le problème et ses modes d'approche	97
II. — Hypothèses inspirées par la théorie de la décision (et la théorie des jeux)	98
1. La problématique	98

2. Première solution : utilité plus grande de l'issue minoritaire	99
3. Deuxième solution : utilité de la variabilité	100
4. Troisième solution : minimisation du regret avec une suite non-stationnaire	101
III. — <i>La situation comme tâche de résolution de problèmes : quelques hypothèses souvent émises</i>	102
1. Caractères généraux	102
2. Les sujets considèrent la tâche comme un problème à résoudre	102
3. Résistance à l'emploi de la stratégie pure	103
4. Restrictions implicites	103
5. Non-stationnarité de la suite	103
IV. — <i>Une hypothèse distincte</i>	104
1. Exposé de l'hypothèse	104
2. Contre-épreuve : l'expérience III	105
V. — <i>Les modèles mathématiques d'apprentissage</i>	109
1. Des modèles en général	109
2. Les modèles à opérateurs linéaires	110
3. Autres modèles linéaires	112
4. Prédiction de l'ajustement	113
5. Prédiction des effets séquentiels	114
6. Bilan	116
VI. — <i>Conclusions</i>	117

DEUXIÈME PARTIE

CHAPITRE V. — PRÉDICTIONS AVEC UNE RÈGLE ALÉATOIRE COMPLEXE DE PRÉSENTATION DES ISSUES	123
I. — <i>Raisons d'un changement de procédure</i>	123
1. Règle de présentation des issues et mécanisme de décision	123
2. La règle de présentation markovienne (aléatoire complexe)	124

3. Problèmes envisagés avec une règle markovienne de présentation des issues	125
4. Premières expériences réalisées avec une règle markovienne de présentation des issues	127
II. — <i>Examen de nouveaux facteurs intervenant dans les prédictions avec une règle markovienne : L'expérience IV</i>	129
1. Buts de l'expérience	129
2. La situation expérimentale	130
3. Les résultats	133
III. — <i>Conclusions</i>	139
CHAPITRE VI. — RÔLE DE L'INFORMATION ET DE LA STRUCTURE DE LA SITUATION EXPÉRIMENTALE SUR LES EFFETS SÉQUENTIELS	141
I. — <i>Buts de l'expérience V</i>	141
II. — <i>Les situations expérimentales</i>	143
1. La matrice de transition	143
2. Le plan d'expérience	144
3. La procédure expérimentale	146
4. Les consignes	147
5. Les sujets	148
III. — <i>Les résultats</i>	149
1. Probabilités de réponse, marginales et conditionnelles d'ordre 1, au dernier bloc	149
2. Evolution des probabilités conditionnelles d'ordre 1 par blocs de 60 essais	151
3. Les effets séquentiels	154
IV. — <i>Conclusions</i>	158
CHAPITRE VII. — STOCKAGE DE L'INFORMATION, MODES DE CODAGE ET APPRENTISSAGE	161
I. — <i>Nouveaux problèmes</i>	161
1. Mécanisme de décision et mémoire	161
2. Le stockage de l'information	162
3. Le codage	165

II. — <i>L'expérience VI</i>	167
1. Buts généraux	167
2. Le plan expérimental et la constitution des séries d'issues	168
3. La procédure expérimentale	170
4. Les résultats	170
5. Conclusions	173
III. — <i>L'expérience VII</i>	174
1. But de l'expérience	174
2. Plan de l'expérience	175
3. La procédure expérimentale	175
4. Les résultats	177
5. Interprétation des résultats	183
IV. — <i>Conclusions</i>	185
CHAPITRE VIII. — CONCLUSIONS GÉNÉRALES	187
I. — <i>Le mécanisme de décision</i>	188
1. Une option préalable : les effets séquentiels comme indicateurs des critères de décision des sujets	188
2. L'origine des effets séquentiels	188
3. Plasticité des effets séquentiels	189
4. Diversité des effets séquentiels	189
5. Facteurs retardant l'extinction d'effets séquentiels inadéquats à la règle de présentation	190
6. Effets séquentiels et activités cognitives	191
7. Les codages	191
8. Indices et règle de réponse	192
II. — <i>Incidence du mécanisme de décision sur le mécanisme d'apprentissage</i>	194
1. Premiers résultats	194
2. L'adéquation d'un codage	195
3. L'économie du codage	196
4. Codage et stockage de l'information	196
III. — <i>Conjectures sur le mécanisme de l'apprentissage</i>	197
IV. — <i>Perspectives futures de recherche</i>	199
BIBLIOGRAPHIE	205

INTRODUCTION

Les progrès de la psychologie se réalisent selon des modalités diverses, dont l'une consiste en la conquête de nouveaux terrains d'investigation. Un exemple en est fourni par l'introduction de l'aléatoire dans la représentation de l'environnement d'un organisme. C'est en 1935, en effet, que paraît l'article capital de TOLMAN et BRUNSWIK où ces auteurs soulignent que le couplage entre indices et objets ou entre moyens et buts est rarement univoque dans le milieu naturel. Ces propositions eurent un retentissement considérable. Jusqu'alors le psychologue avait construit ses situations expérimentales de telle façon que les indices proposés soient entièrement valides ou invalides et qu'une même action conduise toujours à un même résultat. En schématisant, on peut dire que les conceptions de l'environnement naturel propres au psychologue ne différaient guère de celles qui ont prévalu quelques décades plus tôt dans d'autres disciplines scientifiques : le cours des choses est régi par des lois déterministes, dont la découverte assure la maîtrise sur le milieu.

Cette représentation probabiliste de l'environnement, jointe à des développements mathématiques récents, allait provoquer un foisonnement de situations expérimentales nouvelles. La première en date est le conditionnement à renforcement intermittent, où, à certains essais répartis de façon aléatoire au cours de l'expérience, le stimulus conditionnel est présenté seul sans être suivi par le stimulus inconditionnel. Bien que le premier stimulus ne soit pas un signal fidèle du second, on a découvert en procédant ainsi qu'il est possible dans certaines conditions d'instaurer un conditionnement aussi rapidement qu'avec la procédure usuelle à renforcement constant, tandis que l'extinction est toujours nettement plus lente. Or le rôle attribué au renforcement par les principales théories de l'apprentissage ne laissait pas prévoir ce double résultat.

C'est à partir du conditionnement avec renforcement intermittent que s'individualise une nouvelle situation expérimentale dont l'étude fera l'objet du présent travail, et généralement appelée aujourd'hui « apprentissage de probabilité ». Avec des sujets humains, elle revêt souvent la forme d'une expérience de prédiction, avec la procédure type suivante : à chaque essai, le sujet doit prédire laquelle de plusieurs éventualités sera effectivement réalisée au terme de l'essai (par exemple : laquelle de deux ampoules va s'allumer); nous appellerons issue de l'essai la réalisation de l'une de ces éventualités. La suite des issues présentées par l'expérimentateur aux essais successifs ayant été engendrée par un mécanisme aléatoire, il n'existe aucun moyen permettant de prédire avec exactitude toutes les issues; tout ce que le sujet peut faire, c'est adopter une stratégie qui lui assure la proportion la plus élevée de réponses exactes (stratégie optimale). Exception faite de la phase initiale de l'expérience, on observe que les réponses ne sont pas équiprobables : l'issue la plus probable est prédite plus fréquemment que les autres, jusqu'à ce que s'instaure une correspondance approximative entre la probabilité des différentes issues et la fréquence avec laquelle chacune d'elles est prédite. Cette correspondance, appelée ajustement, ne correspond pas à la stratégie optimale. Elle traduit cependant la présence d'un apprentissage, sans qu'il soit aisé de discerner quelles caractéristiques de la situation ont été apprises, ni la nature de cet apprentissage. S'agit-il d'une forme élémentaire d'apprentissage associatif, ou d'une forme de résolution de problème ? Des interprétations simples formulées en des termes strictement S-R ont été proposées; elles peuvent rendre compte de l'ajustement, mais non des phénomènes qui ont suscité un intérêt plus tardif chez les chercheurs comme certains effets séquentiels : ceux-ci consistent en des variations systématiques de la fréquence des diverses réponses au cours d'une même phase de l'expérience, variations qui dépendent des issues présentées ou des réponses émises aux essais immédiatement antérieurs. Quant aux interprétations consistant à assimiler cette situation expérimentale à une situation de résolution de problème, elles négligent de nombreux aspects du comportement, comme l'évolution graduelle de la fréquence des réponses jusqu'à sa stabilisation au niveau de l'ajustement.

Ainsi, indépendamment de l'intérêt intrinsèque que présente la connaissance du comportement humain en situation aléatoire, un autre intérêt de ce type d'expérience réside dans la mise à l'épreuve de diverses théories psychologiques. Certains des phénomènes observés n'apparaissent pas à première vue compatibles avec des axiomes, consi-

dérés comme très généraux, des théories de l'apprentissage ou de la théorie des jeux. Il n'est pas exceptionnel dans une discipline scientifique que de nouveaux faits ne puissent être intégrés dans l'édifice total sans qu'on ait à reconsidérer celui-ci. L'écart entre les résultats obtenus dans un nouveau domaine et une théorie ne condamne pas nécessairement celle-ci, mais impose au moins une restriction de son domaine de validité. Cependant, il n'entre pas dans notre propos actuel d'envisager l'étude des prédictions en situation aléatoire comme un moyen d'aborder ce problème : pareille entreprise est hasardeuse tant que les résultats disponibles dans cette situation demeurent fragmentaires, et tant que notre ignorance des mécanismes sous-jacents au comportement s'avère quasiment totale.

Aussi avons-nous centré notre attention sur l'examen de deux questions fondamentales et toujours ouvertes malgré les nombreuses expériences réalisées précédemment, celle des critères de décision utilisés par les sujets pour effectuer leurs prédictions successives, et celle des caractéristiques de la situation qui sont apprises par les sujets et déterminent l'évolution de la fréquence des réponses. A cet égard, nous avons adopté une distinction classique, quoique souvent formulée en des termes différents, entre deux aspects de la conduite :

- le mécanisme de décision (ou mécanisme de la réponse), qui se réfère aux indices pris en compte par le sujet et à la façon dont ils sont intégrés à chaque essai pour effectuer une réponse;

- le mécanisme de l'apprentissage (ou mécanisme d'adaptation) qui concerne l'évolution des variables caractérisant la conduite du sujet à chaque essai.

Dans une première partie (chapitres I à IV), nous envisagerons les résultats obtenus dans les expériences de prédiction comportant une règle aléatoire simple de présentation des issues, c'est-à-dire telle que la probabilité d'apparition des issues demeure constante d'essai en essai, et soit en particulier indépendante des issues présentées aux essais précédents. Cette classe englobe la presque totalité des expériences de prédiction en situation aléatoire réalisées antérieurement. Les chapitres II, III, IV constituent essentiellement une revue historique de ce type de travaux, bien loin de l'exhaustivité malgré le nombre de ceux qui sont cités, et à laquelle nous avons intégré trois expériences personnelles.

Notre souci a été d'éviter de figer le comportement pour tenter au contraire de faire apparaître toute sa diversité éventuelle. Ainsi, au lieu de voir dans l'ajustement une sorte d'invariant du comportement étudié,

nous avons au contraire pris le parti de souligner combien il est dépendant de certaines variables liées à la situation et au sujet. A trop rechercher des constantes dans la conduite des sujets, on court le risque de ne pas discerner les véritables variables dont l'étude eût été féconde.

Cette revue permet de faire ressortir comment, dans un grand nombre de recherches, toute la problématique s'est cristallisée autour de questions relatives à l'ajustement, et en particulier sur les raisons du non-emploi de la stratégie optimale; or, les connaissances ainsi acquises paraissent réduites en regard de la somme importante de travaux réalisés. On ne saurait être particulièrement surpris de cette situation si on considère que l'ajustement est compatible avec des hypothèses extrêmement diverses sur le mécanisme de la réponse ou le mécanisme de l'apprentissage, comme en témoignent les modèles mathématiques élaborés pour ce type d'expériences. Cela se traduit au niveau des résultats, notamment par la possibilité d'observer un ajustement associé aussi bien à la présence d'effets séquentiels qu'à l'absence de ceux-ci. Il nous a paru opportun de ce fait de centrer nos principales recherches moins sur un phénomène qui n'est qu'une résultante de mécanismes qui constituent encore autant d'inconnues pour le psychologue, que sur ces mécanismes eux-mêmes. Si, par exemple, nous avons accordé une grande attention aux effets séquentiels, c'est parce que ceux-ci peuvent constituer une source d'information précise et immédiatement disponible sur les critères de décision du sujet, et donc sur le mécanisme de la réponse.

La deuxième partie (chapitres V à VII) concerne les expériences de prédiction où interviennent des dépendances séquentielles entre les issues : la probabilité des issues à un essai quelconque dépend de l'issue de l'essai précédent, ou des issues des k essais précédents (règle markovienne de présentation des issues). Cette partie englobe principalement les résultats de quatre expériences personnelles. Si nous avons fait appel à des procédures fort peu ou jamais utilisées auparavant, cela répondait moins au désir d'explorer des situations nouvelles pour voir si les résultats précédemment acquis sont généralisables à celles-ci, qu'au besoin de disposer de procédures appropriées pour répondre à certaines questions soulevées par l'étude du mécanisme de l'apprentissage. Trois hypothèses de travail ont été formulées, qui circonscrivent les principaux objectifs de ces expériences :

— La première considère que les effets séquentiels, loin de n'être qu'une simple manifestation stéréotypée d'habitudes de réponse acquises antérieurement à l'expérience, résultent également de diverses formes

d'activité mises en jeu par les sujets au cours de l'expérience. Ils seraient donc beaucoup plus polymorphes et plastiques que ne le laissent soupçonner les résultats antérieurs.

— La seconde consiste à envisager la tâche des sujets sous l'angle du stockage de l'information, et parallèlement sous l'angle des codages possibles de la série des issues en courtes suites se différenciant par des caractères définis. La distinction entre expériences d'apprentissage et expériences de mémoire repose sur la nature des variables prises en considération par le psychologue : elle présente un caractère conventionnel, car on ne saurait concevoir d'apprentissage sans qu'intervienne d'essai en essai une rétention de ce qui a été appris. Les sujets ayant à intégrer dans cette situation une masse considérable d'information, l'évolution du niveau de performance dépend étroitement de certains facteurs liés à la mémoire à court terme ou à long terme, et en particulier d'un mode de structuration de la série des issues en courtes suites permettant de réduire la charge imposée à la mémoire.

— La dernière hypothèse de travail stipule que le mécanisme de la réponse a une incidence sur le mécanisme de l'apprentissage. Les courtes suites d'issues antécédentes associées aux effets séquentiels nous renseignent sur les indices pris en compte dans le choix de la réponse effectuée : cette hypothèse revient à dire que, selon les indices utilisés par les sujets, et donc selon la nature des effets séquentiels observés, l'évolution des probabilités de réponse sera différente. On est ainsi conduit à rejeter l'idée accréditée par certains auteurs que les effets séquentiels ne constituent que des effets parasites ou une sorte de « bruit » dont on pourrait faire abstraction ou qu'il faudrait absolument éliminer pour étudier l'apprentissage. Pour rendre compte des relations possibles entre le mécanisme de la réponse et le mécanisme de l'apprentissage, nous formulerons dans le chapitre VIII un ensemble d'hypothèses beaucoup plus fortes, et donc plus conjecturales.

Notons enfin que nous avons recherché un cadre conceptuel aussi peu dépendant que possible d'une interprétation particulière, et suffisamment souple pour ne pas véhiculer d'oppositions rigides. Ainsi, la réponse à de nombreuses questions soulevées par le comportement de sujets humains adultes ne peut se réduire à un choix entre les deux termes de l'alternative : apprentissage associatif (de type S-R par exemple) ou résolution de problème. Conformément à une orientation actuelle apparue dans d'autres domaines de recherche (apprentissage verbal, mémoire immédiate, etc.), il nous a paru indispensable de pouvoir invoquer les « habitudes de second ordre » ou « d'ordre supérieur » qui sont

liées aux activités cognitives des sujets, sans avoir à nier l'intervention de mécanismes de type S-R dans l'apprentissage.

Tels sont, brièvement résumés, les thèmes principaux de notre investigation. Celle-ci peut paraître ambitieuse à cause de la diversité des problèmes invoqués, alors qu'il s'agit essentiellement d'un travail exploratoire. Il nous a paru en effet difficile de circonscrire notre attention à un problème particulier sans tenter tout d'abord de prendre une vue d'ensemble du type de conduite étudié, vue d'ensemble rendue nécessaire par l'incertitude qui s'est manifestée dans la littérature sur le statut de cette situation expérimentale. En contrepartie, certains de nos résultats n'ont qu'une valeur indicative, et certaines interprétations demeurent très conjecturales, faute d'expériences plus nombreuses et plus systématiques. Nous espérons au moins avoir élargi la problématique en n'ayant pas focalisé notre étude uniquement sur les questions habituellement débattues.

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE I

LES EXPÉRIENCES DE CHOIX EN SITUATION ALÉATOIRE

I. — Comment caractériser une classe d'expérience

1. *Intérêt d'une tentative de classification.*

Le but principal de ce chapitre est de circonscrire les classes de situations expérimentales qui seront étudiées ultérieurement. Pour cela, deux démarches sont possibles. L'une consiste à décrire directement les caractéristiques communes aux expériences envisagées. L'autre implique que l'on isole un nombre limité de traits, dont les variations permettront de constituer une classification des situations expérimentales réalisées ou réalisables; à partir de cette classification, on pourra déterminer les caractéristiques des situations qui font l'objet de notre étude. Les avantages de la seconde démarche sont multiples. Choisir des traits qui engendrent une classification de l'ensemble des situations expérimentales permet de comparer immédiatement chacune d'elles à n'importe quelle autre. Connaissant ce qui différencie une situation de l'ensemble des autres, on pourra mieux discerner les contraintes imposées au sujet placé dans celle-ci et les moyens dont il dispose. De ce fait, on peut espérer étudier plus aisément les mécanismes mis en jeu pour s'adapter à celle-ci. Sur le plan d'ensemble, une unification des résultats acquis pourra être tentée sans qu'on risque d'être abusé par des similitudes ou des différences d'importance secondaire entre situations.

Cependant, une telle démarche est coûteuse. En particulier une classification générale suffisamment détaillée pour faire apparaître les différents types d'expérience de prédiction en situation aléatoire conduit

à des subdivisions relativement fines de l'ensemble des situations expérimentales. En procédant ainsi, on introduirait une information dont une grande partie demeurerait inutilisée dans la présente étude. Aussi a-t-on préféré indiquer très sommairement dans ce chapitre la place des situations envisagées dans un ensemble plus vaste de situations que nous appellerons situations de choix, quitte à introduire ultérieurement des subdivisions plus fines seulement pour les premières.

2. *Les contraintes d'une tentative de classification.*

La réalisation d'une classification générale n'est pas sans incidence sur les concepts utilisés pour procéder à l'analyse des situations expérimentales. Ceux-ci doivent être définis en des termes suffisamment généraux pour être compatibles avec la diversité des situations envisagées. En outre, ces concepts doivent le moins possible préjuger de la réponse qui sera donnée à certains problèmes. Or, les deux exigences ne sont pas toujours remplies avec des concepts qui nous sont aussi familiers que ceux de stimulus et de renforcement.

Ainsi la définition originelle du *stimulus*, en termes d'énergie physique excitant un organe récepteur semble associée à la psychophysique comme première tentative de psychologie rigoureuse, et aux premières connaissances de neurophysiologie qui concernent l'arc réflexe. L'emploi de cette définition conventionnelle s'avérant parfois malaisé dans l'étude de comportements moins moléculaires, d'autres définitions furent proposées : ENGLISH et ENGLISH en distinguent huit dans leur dictionnaire. Si cette « libéralisation des concepts S.R. de base » (N.E. MILLER, 1959) ne diminue en rien leur puissance, bien au contraire, cela ne va pas sans difficultés qu'énumère par exemple GIBSON (1960). Et divers auteurs, comme LAWRENCE (1963) imputeront à l'absence de langage commun de nombreux désaccords entre psychologues. En outre, ces diverses définitions véhiculent de façon explicite ou non une relation particulière avec la réponse. Ainsi pour WATSON (1919), le stimulus spécifie le type de réponse qui sera évoqué ⁽¹⁾. Plus tard, évolution qui est liée vraisemblablement à la substitution de schéma S-O-R au schéma S-R, le stimulus est conçu comme étant seulement le déclen-

(1) *Op. cit.*, p. 10 : « Nous pouvons dire que le but de l'étude psychologique est de s'assurer de données et de lois telles que, le stimulus étant donné, la psychologie puisse prédire quelle sera la réponse; ou d'autre part, la réponse étant donnée, on puisse spécifier la nature du stimulus effectif ».

cheur de la réponse (Cf. HILGARD et MARQUIS ⁽¹⁾, 1940). Cette redéfinition de la notion de stimulus va entraîner l'apparition de termes nouveaux, comme par exemple ceux de stimulus effectif (GIBSON, 1960) ou de stimulation effective (ESTES, 1959 b) pour désigner des aspects de la situation qui seront corrélés avec les réponses, et remplir ainsi la fonction assignée par WATSON au stimulus. MELTON (1964) distingue le stimulus nominal du stimulus effectif. Cette coexistence de deux acceptions différentes d'un terme peut être source de malentendus. Mais quel que soit le choix effectué, dans les deux cas on peut rencontrer de sérieuses difficultés à identifier le stimulus dans certaines situations. Le problème central est donc de savoir si notre définition du stimulus doit faire intervenir la réponse du sujet ou non. Dans l'affirmative, le stimulus ne peut véritablement être isolé qu'après analyse des résultats expérimentaux, et il se peut même que nos conclusions demeurent conjecturales. Il paraît donc souhaitable que notre langage puisse dissocier ce qui est pure description des stimulations en provenance de la situation expérimentale, de ce qui est identification des stimulations qui interviennent dans l'émission et l'élaboration d'une réponse définie.

Un problème similaire surgit à propos du *renforcement*, terme qui renvoie soit au mécanisme hypothétique qui assure l'accroissement de la force de la réponse (loi de l'effet ou réduction d'un besoin; confirmation d'une attente, etc.), soit à une opération réalisée par l'expérimentateur et qui accroît la probabilité d'apparition d'une réponse déterminée; dans ce dernier sens, certains auteurs parlent plus volontiers de renforçateur ou de stimulus renforçateur (HILGARD, 1962). Cependant pour lever toutes les difficultés, il ne suffit pas de distinguer les termes qui reposent sur des hypothèses implicites quant aux mécanismes de réponse et d'apprentissage, des termes qui se réfèrent à des variables observables. L'accord ne se fait pas toujours lorsqu'il s'agit d'isoler les événements expérimentaux qui constituent les agents du renforcement lorsqu'on envisage une définition opérationnelle de celui-ci; ainsi dans le conditionnement classique, le renforcement est tantôt identifié au couple stimulus conditionnel - stimulus inconditionnel, tantôt au seul stimulus inconditionnel, voire à l'un et à l'autre au sein d'un même ouvrage à une page de distance (HILGARD, 1962, p. 255-6).

(1) *Op. cit.*, p. 73: «Il doit être clair, à partir du contexte, que nous nous référons au stimulus comme un instigateur, dans le sens familier dans le laboratoire de psychologie, comme par ex. dans l'expérience courante du temps de réaction (...) et ceci ne veut rien dire de plus que le stimulus est en quelque sorte l'occasion de la réponse».

Il peut paraître souhaitable dans certains cas de dissocier parmi les termes descriptifs ceux qui dépendent de la réponse et ne peuvent donc être isolés qu'au terme d'une analyse du comportement, et ceux qui ne spécifient aucune relation particulière avec la réponse. Nous serons parfois contraint, de ce fait, à dédoubler le vocabulaire utilisé, à juxtaposer à la notion de renforcement celle d'issue par exemple. Nous nous garderons cependant d'introduire des vocables nouveaux chaque fois que des vocables satisfaisants pour notre propos, même s'ils ne sont pas usuels, ont été suggérés par d'autres auteurs. Il ne s'agit donc nullement de bannir de notre langage les termes de stimulus ou de renforcement, mais de les utiliser de façon aussi univoque que possible. Dans ce but, nous exploierons les termes de stimulus et d'issue au niveau d'une description immédiate de la situation n'impliquant aucun détour par le comportement des sujets, et les termes de stimulus effectif (ou encore indice ou critère de la réponse) et de renforcement, mais seulement au niveau d'une analyse des mécanismes de la réponse ou des mécanismes de l'apprentissage dans une situation définie.

II. — Les éléments de la description des situations de choix

1. *Remarques préalables.*

Nous utiliserons l'expression *situation de choix* pour désigner le fait qu'un organisme dispose de plusieurs possibilités d'action ou de réponse mutuellement exclusives. Parler de choix en ce sens ne suppose ni décision consciente, ni hésitation préalable. Cette expression englobe donc la plupart des situations expérimentales.

La description fait appel à trois classes d'éléments qui sont tous des événements expérimentaux observables, conformément au paradigme stimulus-réponse-issue⁽¹⁾, explicité par plusieurs auteurs avec diverses variantes (ESTES, 1950; BUSH, GALANTER et LUCE, 1963; ROUANET, 1964, 1967; ROUANET et ACKERMAN, 1965). La principale innovation introduite ici consiste en une distinction entre deux types d'issues, les issues-états et les issues-sanctions, distinction explicitée au paragraphe II-II-4.

Ce paradigme est essentiellement applicable à des situations divisibles en épreuves successives, ou essais, ce qui est possible chaque

(1) Issue est équivalent au terme « outcome » de la littérature anglo-saxonne.

fois que l'expérimentateur contrôle la possibilité qu'a l'organisme d'émettre une réponse, soit par des contraintes de fait (l'animal est introduit ou retiré du labyrinthe), soit par un exposé, inclus dans les consignes, des contraintes auxquelles le sujet est invité à se soumettre ⁽¹⁾.

2. *La situation-stimulus.*

Elle est définie par l'ensemble des stimulations exercées par l'environnement sur un organisme au début de chaque essai. Ces stimulations peuvent être subdivisées en deux classes de caractéristiques :

— Les unes sont constantes tout au long du processus expérimental, ou tout au moins leurs variations peuvent être considérées comme négligeables : éclairage, isolation phonique, etc.; elles correspondent à des caractéristiques mentionnées par l'expérimentateur (pour que l'expérience soit répétable), mais elles ne sont généralement pas prises en compte lors de l'analyse des résultats. Elles constituent ce que nous appellerons l'*arrière-plan*.

— Les autres sont variables, les variations étant sous le contrôle de l'expérimentateur. Chaque caractéristique variable peut comporter plusieurs modalités. Dans le cas où n caractéristiques sont variables, il y a lieu de considérer l'ensemble des n -uplets constitués par une des modalités de la première, de la seconde, ... de la n -ième caractéristique. Le stimulus sera alors décrit au moyen de ces caractéristiques. On appellera *stimulus* les différentes modalités de la caractéristique variable si celle-ci est unique, et les différents n -uplets possibles retenus par l'expérimentateur dans le cas où plusieurs caractéristiques sont variables (mots inducteurs dans des associations libres; syllabes sans signification dans les apprentissages de couples; valeurs de l'intensité d'une stimulation dans une expérience de généralisation ou de mesure de seuil, etc...).

La situation-stimulus à un essai donné est constituée par l'arrière-plan et le stimulus. L'arrière-plan étant stable, il suffit d'énoncer le stimulus. La situation expérimentale comporte de ce fait k situations-

(1) Le transfert de ce paradigme à des situations de conduite libre (*free responding environment*), où le processus expérimental au lieu d'être contrôlé par l'expérimentateur l'est par le sujet (ce qui correspond en partie à la distinction établie par SKINNER entre comportement opérant et comportement répondant), soulève quelques difficultés qui ne seront pas évoquées ici.

stimulus différentes, mutuellement exclusives. Pour chaque expérience, on définit l'ensemble ⁽¹⁾ des situations-stimulus :

$$S = \{s_1, s_2, \dots, s_i, \dots, s_k\}$$

L'ensemble S comporte au moins un élément : on parle de *situation-stimulus constante* ⁽²⁾ si $k = 1$, de *situation-stimulus variable* si k est supérieur à 1.

Un cas particulier de situation-stimulus variable apparaît lorsque l'expérimentateur présente selon les essais un signal déterminé, ou ne le présente pas, comme dans les expériences de détection. Il faut considérer alors deux situations-stimulus, arrière-plan + signal, arrière-plan seul, et écrire :

$$S = \{s_0, s_1\}$$

Soulignons que le stimulus, et de ce fait les situations-stimulus, sont définis opérationnellement par des modifications de l'environnement sous le contrôle de l'expérimentateur, et aucunement par référence à la réponse.

3. Les réponses.

L'ensemble des réponses considérées résulte d'une catégorisation des diverses manifestations du comportement, fondée sur certains aspects de celui-ci. On aboutit ainsi à un ensemble de classes de comportement, ou réponses, mutuellement exclusives et exhaustives, noté :

$$R = \{r_1, r_2, \dots, r_j, \dots, r_i\}$$

En général, les réponses sont définies par référence à certaines limitations imposées à l'action du sujet par la situation (allées d'un labyrinthe, par exemple) ou les consignes, ou par les conditions d'application

(1) Conformément à un usage courant, tout ensemble d'éléments est désigné par une lettre latine majuscule et on peut le définir par l'énumération, entre deux accolades, de ses éléments, désignés par des minuscules pour les distinguer de l'ensemble lui-même.

(2) Notons qu'il existe deux types de situation-stimulus constante :

— L'expérimentateur exécute une même opération au début de chaque essai : présentation du stimulus conditionnel dans le conditionnement classique; présentation du même graphisme à reproduire dans un apprentissage sensori-moteur, etc...

Ici, $S = \{s_1\}$

— L'expérimentateur ne réalise aucune opération particulière, sinon placer ou maintenir un organisme dans un environnement défini; l'environnement, stable d'essai en essai, définit la situation-stimulus, par exemple : boîte de SKINNER, labyrinthe en T sans caractère distinctif entre les allées, etc...

Ici, $S = \{s_0\}$.

de l'issue qui se traduisent par la dichotomie familière entre « bonnes » et « mauvaises » réponses. Cette catégorisation préalable à l'analyse implique nécessairement au moins deux réponses distinctes, alors qu'il existe de nombreuses expériences avec situation-stimulus constante ou issue-constante (une expérience où toutes les réponses seraient codées de façon identiques n'aurait aucun intérêt). A ce niveau, peu importe que le sujet n'utilise en fait qu'une des réponses possibles (stéréotypie de la réponse).

Eventuellement, l'absence de réponse ou réponse nulle r_0 sera considérée comme un des éléments de l'ensemble des réponses. Mais la réponse nulle peut avoir des significations différentes suivant les situations. Ainsi dans certaines expériences, la bonne réponse à certains essais consiste à actionner une clef de réponse unique, à d'autres essais, à ne pas l'actionner : ici la réponse de non-appui r_0 a le même statut que la réponse d'appui r_1 , et la situation serait identique d'un point de vue formel (mais pas nécessaire d'un point de vue psychologique) si on substituait à la clef unique deux clefs, le sujet étant cette fois obligé de toujours appuyer sur l'une d'entre elles. Dans d'autres situations, on ne contraint pas le sujet humain à répondre à tous les essais; en pareil cas, ne pas répondre équivaut à esquiver le choix, tandis que dans le premier cas, ne pas répondre correspond à l'un des termes du choix ⁽¹⁾.

4. Les issues.

D'une manière générale, on appellera issue toute modification introduite dans l'environnement initial d'un organisme, consécutive à sa réponse (rappelons qu'éventuellement l'ensemble des réponses peut inclure la réponse nulle r_0 , ou absence de réponse). L'issue résulte toujours d'une opération réalisée par l'expérimentateur ou par le dispositif asservi substitué à celui-ci, indépendamment ou en fonction de la réponse. La notion d'issue englobe celle d'agent renforçateur qui constitue également une modification de l'environnement initial, mais à la différence de l'agent renforçateur l'issue ne se réfère pas à une modification future du comportement. Pour toute expérience, on définit un ensemble d'issues, mutuellement exclusives et exhaustives, noté :

$$I = \{i_1, i_2, \dots, i_k, \dots, i_m\}$$

(1) Il ne s'agit pas ici de byzantinisme : nous verrons au chapitre II qu'une analyse de la situation en des termes inadéquats a une incidence sur l'interprétation des résultats.

Comme précédemment pour les situations-stimulus, on distinguera des situations à *issue-constante* ⁽¹⁾ et des situations à *issue variable*.

On considèrera comme étant à issue variable une situation où, selon les essais, l'expérimentateur exécute ou non une opération unique (conditionnement classique à renforcement intermittent) ⁽²⁾.

Pour prévenir d'éventuels malentendus, il peut être nécessaire de définir avec plus de précision la notion d'issues, et pour cela d'introduire une distinction entre deux types d'issues.

Considérons par exemple la procédure expérimentale suivante, utilisée avec des enfants; deux boîtes munies d'un couvercle étant placées devant le sujet, une bille est introduite à son insu dans l'une d'elles par l'expérimentateur à chaque essai; après un signal, l'enfant doit ouvrir l'une des deux boîtes; il gagne la bille si elle se trouve dans la boîte choisie, et rien dans l'autre cas, puis on passe à un nouvel essai. Il existe deux façons de définir l'ensemble des issues :

— Si on considère les états possibles du dispositif à chaque essai :

$$I = \{ \text{bille à droite, bille à gauche} \}$$

— Si on considère les conséquences possibles que peuvent avoir pour le sujet ses choix :

$$I = \{ \text{gain d'une bille, aucun gain} \}$$

Il est important de savoir auquel de ces deux ensembles on fait allusion lorsqu'on parle d'issues, car certaines caractéristiques de la situation ne seront pas définies de façon identique selon qu'il s'agit du premier ou du second; pour n'en donner qu'un exemple, les issues du premier ensemble sont ici indépendantes des réponses, mais non les issues du second.

Pour lever les risques de confusion et permettre de nouveaux

(1) On parlera d'issue constante dans deux cas :

— L'expérimentateur réalise toujours la même opération au terme de chaque essai, par exemple la présentation du stimulus inconditionnel dans un conditionnement pavlovien (issue constante non-nulle).

— L'expérimentateur ne réalise aucune opération nouvelle : ainsi généralement en psychophysique le sujet ne reçoit aucune information en retour sur la valeur de sa réponse (issue constante nulle).

tique unique de l'environnement (présentation de nourriture ou non), mais de plusieurs

(2) Lorsque la situation finale comporte la manipulation non pas d'une caractéristique (par ex., dans une expérience, indication de l'exactitude de la réponse, bonne ou mauvaise, et du gain ou de la perte monétaire, + 20, + 10, - 10, - 20 centimes), l'ensemble des issues sera constitué par l'ensemble des diverses combinaisons possibles entre les différentes modalités de ces caractéristiques.

développements de l'analyse des situations expérimentales, nous proposons d'appeler :

— *issue-état* (en référence à la notion d'« état de la nature » utilisée dans la théorie de la décision) toute modification introduite par l'expérimentateur dans l'environnement après la réponse du sujet, ou toute caractéristique de l'environnement dont le sujet ne peut avoir connaissance avant l'émission d'une réponse. La description des issues-états ne fait aucune référence au sujet.

— *issue-sanction* : la conséquence pour le sujet du choix effectué dans un certain état de l'environnement; les issues-sanctions se réfèrent en ultime analyse aux motivations du sujet que l'expérimentateur suppose présentes chez celui-ci lors de l'expérience (attirait des billes pour des enfants dans l'exemple cité) ou qui sont mises en jeu par certaines opérations réalisées antérieurement à la phase expérimentale proprement dite.

Cette distinction peut se traduire graphiquement par une matrice, analogue à la matrice des gains de la théorie de la décision, où l'on porte selon l'une des entrées les diverses réponses possibles, selon l'autre les différentes issues-états, et dans les cases à l'intersection d'une ligne et d'une colonne, l'issue-sanction correspondante. Ainsi, dans l'exemple précédent, on aura :

TABLEAU I-1
Issues-états et issues-sanctions

		Issues-états : bille placée à	
		gauche	droite
Réponse : Choix de la boîte à	gauche	gain d'une bille	rien
	droite	rien	gain d'une bille

On peut voir ainsi que les issues-sanctions sont généralement dépendantes de la réponse émise, ou plus exactement de l'issue-état et de la réponse. La règle de présentation des issues-états est généralement indépendante de la réponse, mais dans certaines expériences plus complexes elle peut être dépendante de celle-ci.

L'exemple que nous venons de citer est simple car les deux ensembles d'issues correspondent à des événements expérimentaux observables et peuvent être facilement dissociés. Il n'en est pas toujours

ainsi. Considérons par exemple une expérience de prédiction où à chaque essai le sujet doit indiquer après un signal laquelle de deux ampoules va s'allumer, l'expérimentateur provoquant ensuite l'allumage de l'une d'elles. Les issues-états correspondent à des événements observables, lumière à droite ou lumière à gauche, tandis que les issues-sanctions résultent ici d'un codage opéré sur les réponses : en se référant à l'objectif assigné aux sujets par les consignes, on pourra considérer deux issues-sanctions possibles, réponse exacte ou réponse inexacte. Il existe une situation de prédiction duale de la précédente où l'expérimentateur dit « exact » ou « inexact » après chaque prédiction au lieu de déclencher effectivement l'allumage des deux ampoules : ce sont ici les issues-états qui résultent d'un codage au lieu d'être directement observables. Ainsi l'un des deux ensembles d'issues peut être implicite dans une expérience, ce qui ne veut pas dire nécessairement indéterminé.

Dans les pages qui suivent, chaque fois que la distinction entre les deux types d'issues ne sera pas immédiatement nécessaire à notre propos, nous emploierons le terme « issue » sans spécification additionnelle pour désigner l'opération réalisée par l'expérimentateur, quelle que soit cette opération.

III. — Règles de présentation des stimulus et des issues

Il est nécessaire de préciser quelles sont les règles utilisées pour établir la succession des stimulus d'essai en essai lorsqu'on a affaire à une situation-stimulus variable, et également celles qui déterminent la présentation des issues dans les situations à issues variables. On sera conduit à évoquer diverses relations susceptibles d'intervenir entre l'ensemble des stimulus, celui des réponses et celui des issues.

1. Règle de présentation des stimulus.

Pour toutes les procédures évoquées ci-dessous, l'expérimentateur définit à chaque essai une distribution de probabilités sur l'ensemble des stimulus, c'est-à-dire :

$$p(s_1) + p(s_2) + \dots + p(s_i) + \dots + p(s_m) = 1$$

Mais ceci ne suffit pas à spécifier la règle de présentation employée, dont les 4 types principaux sont :

a) *Règle de présentation périodique.*

La suite complète des stimulus est engendrée à partir d'une suite de base telle que 123, ou 1112212, par simple répétition de celle-ci. Un même élément peut apparaître une ou plusieurs fois dans la suite de base. L'apparition du stimulus dépend du rang de l'essai.

b) *Règle de présentation avec permutations.*

(Analogie de la méthode constante en psychophysique).

L'ensemble des stimulus comportant k stimulus, chacun est présenté une fois lors des k premiers essais, puis à nouveau une fois lors des k essais suivants, et ainsi de suite, l'ordre de succession des k stimulus étant modifié chaque fois par des permutations. La suite ainsi constituée se décompose en blocs caractérisés par des permutations différentes des k stimulus. Le nombre d'essais entre deux présentations d'un même stimulus varie de 1 à $2k - 1$. Tous les stimulus sont équiprobables si le nombre d'essais est un multiple de k (exemple : apprentissage de couples).

c) *Règle de présentation aléatoire simple.*

La série est engendrée par un mécanisme aléatoire tel que tirage dans une urne avec remise de la boule extraite à chaque tirage, jets d'une pièce de monnaie ou d'un dé, etc..., ou par lecture dans une table de nombres au hasard. La probabilité de présentation d'un stimulus quelconque, $p(s_i)$, est constante d'essai à essai; en particulier, elle ne dépend pas du rang de l'essai (stationnarité) ni des stimulus présentés antérieurement à cet essai (indépendance entre les tirages). On aura : $p(s_{i,n}) = p(s_i)$, quel que soit n , l'indice n désignant le rang d'un essai dans la série des essais ⁽¹⁾.

d) *Règle de présentation markovienne.*

(Règle aléatoire complexe).

Dans certaines situations, la probabilité que se réalise lors du n -ième essai un événement déterminé peut être affectée par le résultat des

(1) On peut rapprocher la règle de présentation aléatoire simple de la constitution de suites au moyen de « mots circulaires équilibrés », fréquemment utilisés, notamment en psychophysique; la série est construite de telle façon que non seulement tous les stimulus apparaissent un nombre égal de fois, mais également tous les couples, les triplets, k -uplets; par un strict contrôle des probabilités conditionnelles d'ordre 0, 1, 2 ... $k-1$, cette procédure permet de ne pas introduire des dépendances séquentielles entre les stimulus.

événements antérieurs. Ce type de situation correspond à la théorie des chaînes de MARKOFF ou *processus markoviens*. Si seul l'événement immédiatement précédent intervient, on dira que la chaîne est d'ordre 1. On appellera probabilité de transition (autre terme : de passage) p_{ij} la probabilité que se réalise l'événement j après la réalisation de i . La probabilité de transition étant une probabilité conditionnelle, nous utiliserons plutôt la notation $p(j|i)$ plus souple, qui se lit : probabilité de j si i . La probabilité de réalisation d'un événement sur l'ensemble des épreuves, sans information additionnelle sur ses antécédents, sera dite *probabilité moyenne* ou encore *probabilité marginale* ⁽¹⁾.

D'une manière générale, dans une chaîne d'ordre k , la probabilité d'un résultat déterminé dépend du résultat des k événements précédents. Prendre en considération un nombre d'antécédents supérieur à l'ordre de la série n'apporte aucune information supplémentaire. Les séries aléatoires simples définies plus haut seront tout naturellement dites d'ordre zéro.

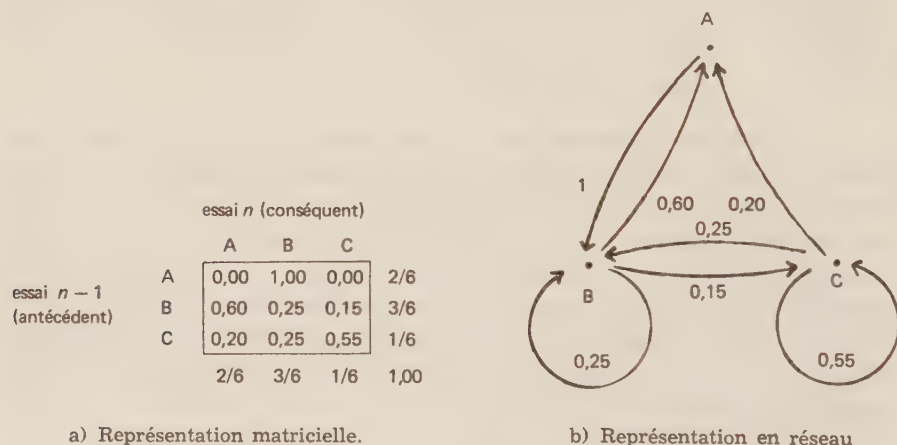


FIGURE I-1
Deux modes de représentation d'un même processus markovien.

La représentation graphique d'un processus markovien d'ordre 1 peut se traduire par une matrice ou par un réseau (graphe) avec des arcs orientés et valués. Dans la représentations matricielle, chaque ligne correspond à la réalisation d'un événement à l'essai précédent $n-1$

(1) On utilise plus fréquemment l'expression probabilité « a priori » dans la littérature psychologique, mais il nous paraît préférable de l'éviter ici, car elle a un sens ambigu.

(antécédent), chaque colonne à l'essai suivant n (conséquent); à l'intersection de la ligne i et de la colonne j figure la probabilité d'observer j après i , soit la probabilité de transition p_{ij} . La somme des probabilités de transition de chaque ligne est nécessairement égale à 1. Les valeurs portées à l'extérieur des lignes et des colonnes indiquent les probabilités moyennes ou marginales des événements correspondants (fig. I-1).

2. Règle de présentation des issues.

Pour toutes les situations à issue variable, préciser les règles de présentation des issues conduit à poser une question préalable, à savoir si elles dépendent des stimulus d'une part (pour les situations-stimulus variables seulement), et des réponses d'autre part. Dans l'affirmative, il faudra spécifier le type de dépendance en jeu.

a) Dépendance par rapport à la situation-stimulus.

De fait, il existe presque toujours une relation entre les stimulus et les issues dans les expériences avec situation-stimulus variable et issue variable : des situations où les stimulus ne sont pas corrélés avec les issues (stimulus non pertinents) ne sont utilisées que très exceptionnellement. On peut distinguer deux types de dépendance :

— Dépendance fonctionnelle :

A chaque situation-stimulus correspond une issue déterminée, et une seule, soit qu'il existe une correspondance bi-univoque entre les stimulus et les issues, auquel cas l'expérience comporte le même nombre de stimulus et d'issues (expériences usuelles d'apprentissage de couples), soit que les différentes issues correspondent à des classes de stimulus, le nombre de stimulus étant alors supérieur au nombre d'issues (identification des concepts). Pour citer un exemple simple d'apprentissage dans un labyrinthe en T, où s_1 = entrée blanche, s_2 = entrée noire et i_1 = nourriture à gauche, i_2 = nourriture à droite, l'expérimentateur fera correspondre i_1 à s_1 et i_2 à s_2 . On voit que dans toutes les situations où les issues dépendent fonctionnellement des stimulus, la succession des issues est directement déterminée par la succession des stimulus.

— Dépendance probabiliste :

A chaque stimulus correspondent plusieurs issues. Il faut alors définir une distribution de probabilités sur l'ensemble des issues pour chaque situation-stimulus. Ainsi, si on substitue dans l'exemple ci-dessus

une dépendance probabiliste à la dépendance fonctionnelle, on pourra avoir :

si s_1 : $p(i_1) = 0,90$ et $p(i_2) = 0,10$

si s_2 : $p(i_1) = 0,50$ et $p(i_2) = 0,50$.

Les situations-stimulus ne déterminent pas ici de façon univoque la succession des issues : pour la programmation de l'expérience, il faut faire correspondre à chaque situation-stimulus une règle aléatoire distincte de présentation des issues.

b) *Dépendance par rapport aux réponses.*

L'expérimentateur peut introduire comme précédemment une dépendance fonctionnelle ou probabiliste. Le conditionnement instrumental constitue un exemple de dépendance fonctionnelle de l'issue sur les réponses : ainsi, dans la boîte de SKINNER, l'animal obtient de la nourriture s'il appuie sur le levier, et n'obtient rien s'il n'appuie pas. Un exemple de dépendance probabiliste peut être emprunté à une situation de prédiction, comportant deux clés de réponse, et une ampoule unique dont l'allumage ou le non-allumage constitue les deux issues i_1 ou i_0 , le sujet recevant une récompense monétaire chaque fois qu'il parvient à provoquer son allumage; à chaque type de réponse correspond une distribution de probabilités sur les issues, par exemple :

$p(i_1) = 0,60$ et $p(i_0) = 0,40$ si r_1 (appui sur la clé de gauche)

$p(i_1) = 0,40$ et $p(i_0) = 0,60$ si r_2 (appui sur la clé de droite) ⁽¹⁾.

Dans les pages qui suivent, on se référera uniquement à une dépendance fonctionnelle ou probabiliste lorsqu'on parlera de dépendance.

Pour conclure, on peut schématiquement distinguer 4 cas selon que les issues sont :

- indépendantes des stimulus et des réponses,
- dépendantes des stimulus seulement,
- dépendantes des réponses seulement,
- dépendantes des stimulus et des réponses.

(1) Mentionnons enfin pour mémoire un type usuel et trivial de dépendance que nous appellerons *dépendance événementielle* auquel nous ne ferons plus allusion par la suite, qui intervient dans les situations où l'occurrence de l'issue, et seulement son occurrence, dépend de l'émission d'une réponse, quelle que soit cette dernière. Ainsi de nombreuses expériences sont réalisées avec un dispositif programmé de telle façon qu'à chaque essai l'issue ne survienne qu'un laps de temps déterminé après la réponse. La dépendance événementielle ne spécifie en aucune façon, ni fonctionnelle ni probabiliste, le type d'issue qui sera présenté. La dépendance fonctionnelle ou probabiliste des issues par rapport aux réponses entraîne nécessairement la dépendance événementielle, mais l'inverse n'est pas vrai.

Lorsque les issues ne dépendent ni des stimulus ni des réponses (par exemple : expérience de prédiction où à chaque essai après un signal préparatoire le sujet doit indiquer quelle issue, parmi k possibles, sera présentée), on est conduit à adopter une règle de présentation cyclique, récurrente, aléatoire simple, ou markovienne, comme pour les stimulus.

IV. — Place des expériences de prédiction en situation aléatoire dans une classification des situations de choix

1. *Expérience de choix en situation aléatoire.*

A partir des facteurs évoqués précédemment, on peut constituer une classification générale des situations de choix, dont nous ne mentionnerons que certains aspects en négligeant les situations à issue constante. Parmi les situations à issue variable, les plus simples sont celles où il existe une dépendance fonctionnelle de l'issue, soit sur les stimulus, soit sur les réponses, soit sur les stimulus et les réponses conjointement.

Ces dernières correspondent à des expériences familières dont le but est généralement l'étude de l'apprentissage par les sujets de la règle de présentation des issues (apprentissage de couple, identification de concepts, etc...). Une fois l'apprentissage réalisé, les sujets n'ont plus aucune incertitude sur la « bonne réponse ».

Plus complexes sont les situations à issue variable où intervient une dépendance probabiliste des issues, soit sur les stimulus, soit sur les réponses, soit sur les couples stimulus-réponse. L'exploration de ces situations est relativement récente et leur but est généralement plus l'étude de la conduite adoptée par les sujets pour s'adapter à la situation que l'étude de l'apprentissage proprement dit de la règle de présentation des issues, car ce qu'il faut entendre par là est beaucoup plus difficile à définir ici que précédemment.

Enfin, il faut envisager le cas des situations à issue variable où les issues ne dépendent ni des stimulus (ce qui est nécessairement le cas en situation-stimulus constante) ni des réponses, ni des couples stimulus-réponse. La suite des issues est alors constituée par l'expérimentateur à partir d'une règle de présentation périodique ou d'une règle de présentation aléatoire simple ou complexe. Dans le premier cas, les sujets peuvent parvenir à émettre une réponse correcte à tous les essais,

puisque l'issue est déterminée de façon univoque à chaque essai et on peut parler sans ambiguïté d'un apprentissage de la règle de présentation.

On conviendra d'appeler *expériences de choix en situation aléatoire* toutes celles où intervient une règle aléatoire de présentation des issues.

Deux remarques s'imposent pour relier la classe ainsi définie à des classes définies à partir de critères différents :

a) Certaines classifications des situations de choix font appel aux notions de risque et d'incertitude (BRESSION, 1965). C'est l'examen des issues-sanctions qui permet d'évaluer le risque encouru par les sujets. Lorsque la règle de présentation des issues n'est pas aléatoire, le risque peut être dit réductible puisque l'apprentissage de cette règle permet à chaque essai d'éviter l'option défavorable. Par contre, dans les situations aléatoires, en général aucun apprentissage ne peut garantir que l'on fasse à chaque essai un choix sans risque; on dira alors que le risque est irréductible. Il convient de noter que la classe des expériences de choix en situation aléatoire ne coïncide pas avec celle des expériences où le risque est irréductible mais qu'elle l'englobe. En effet, il existe des expériences avec règle aléatoire de présentation des issues-états mais où une réponse déterminée est toujours associée à une même issue-sanction indépendamment de la modalité de l'issue-état; tel est le cas des expériences d'évitement où à chaque essai survient l'une des deux issues : présentation d'une stimulation nociceptive ou absence de changement dans l'environnement, une règle aléatoire de présentation engendrant la suite des issues; il suffit au sujet d'émettre à tous les essais la réponse d'évitement appropriée pour ne plus recevoir la stimulation nociceptive.

Le terme d'incertitude peut se référer soit à un état du sujet, soit à une caractéristique formelle de la situation. Dans le premier cas, il inclut l'incertitude résultant de l'absence d'une échelle de préférences sur les conséquences de chacun des choix possibles, et l'incertitude liée à la méconnaissance de l'issue prochaine. Dans le deuxième cas, il désigne l'absence de dépendance fonctionnelle des issues sur les stimulus, les réponses ou le rang des essais, et renvoie donc à une règle aléatoire de présentation (imprédictibilité des issues). En ce dernier sens toutes les situations avec incertitude sont incluses dans la classe des expériences de choix en situation aléatoire.

b) La classe des expériences de choix en situation aléatoire inclut la classe des expériences avec renforcement *partiel* ou *intermittent*.

Les définitions usuelles de celles-ci se réfèrent à l'administration du renforcement (ou plus précisément de l'agent renforçateur) lors d'un

essai au moins et à son omission lors d'autres essais, ou à son administration après au moins une occurrence d'une réponse déterminée mais non après toutes (cf. JENKINS et STANLEY, 1950). Ces définitions sont tributaires de la signification attribuée au terme de renforcement, que de nombreux auteurs jugent inopportun de spécifier comme si elle était parfaitement univoque. Si cela ne soulève guère de difficulté de compréhension lorsqu'il s'agit d'une expérience déterminée, il n'en va pas de même lorsqu'il s'agit de comparer entre elles des situations expérimentales différentes. Nous donnerons au chapitre suivant l'exemple d'une différence capitale entre deux situations, non perçue par l'auteur, alors que les notions que nous avons introduites au cours de ce chapitre permettent de faire les distinctions nécessaires.

2. *Expériences de prédiction en situation aléatoire.*

Nous appellerons expériences de prédiction celles qui correspondent aux caractéristiques suivantes :

— Préalablement à l'expérience, un ensemble d'issues-états possibles est spécifié au sujet, de même qu'un ensemble de réponses.

— A chaque essai, les sujets prédisent les issues-états correspondant à celui-ci.

— A chaque essai, les sujets reçoivent une information sur l'exactitude de leur réponse sous la forme de la présentation par l'expérimentateur soit d'une issue-état, soit d'une issue-sanction.

De telles expériences ne sont réalisables qu'avec des sujets humains car les réponses, verbales ou motrices, reposent sur une convention commune à l'expérimentateur et au sujet qui ne peut être établie sans l'intermédiaire d'une langue. L'extrême souplesse de la situation de prédiction permet une très grande diversité d'expériences, dont certaines sont réalisables avec un matériel relativement simple. Enfin la possibilité d'introduire des enjeux monétaires de valeur différente en fait une situation privilégiée permettant de tester aussi bien des axiomes des théories de l'apprentissage que des axiomes de la théorie des jeux. Nous appellerons *expériences de prédiction en situation aléatoire* celles où la règle de présentation des issues est aléatoire; elles constituent une particularisation des expériences de choix en situation aléatoire.

Dans les chapitres suivants, notre étude des choix en situation aléatoire sera centrée sur les phénomènes observés dans les expériences de prédiction. Et parmi ces dernières, notre attention se portera essen-

tiellement sur celles où on ne fait pas intervenir plusieurs enjeux de valeur différents. En effet, l'élaboration d'une stratégie permettant de maximiser le montant des gains étant complexe, on introduirait ainsi de nouveaux problèmes. Cependant, nous mentionnerons des résultats expérimentaux obtenus dans des expériences de prédiction beaucoup plus complexes que celles que nous envisageons, ou dans des expériences de choix en situation aléatoire autres que des expériences de prédiction lorsque cela sera de nature à nous apporter une information utile.

CHAPITRE II

L'AJUSTEMENT

I. — Bref rappel historique

Les réflexions de TOLMAN et BRUNSWICK (1935) ⁽¹⁾ paraissent avoir joué un rôle déterminant dans l'intérêt porté au comportement en situation aléatoire, comme en témoigne la fréquence avec laquelle cet article est cité dans les premiers travaux. Certes, la première expérience d'apprentissage avec renforcement intermittent due à PAVLOV (1927) est antérieure ⁽²⁾, mais elle a été conçue beaucoup plus comme une épreuve cruciale pour l'étude de la relation entre le nombre de présentations de l'agent renforçateur et l'accroissement de la force de la réponse, que comme une nouvelle situation expérimentale ayant un intérêt propre; en outre, elle semble souvent ignorée dans la littérature.

TOLMAN et BRUNSWICK opposent une représentation probabiliste de l'environnement à une représentation déterministe. Ils soulignent que le couplage est rarement univoque entre les moyens et les buts, ou entre les « indices proximaux » et les propriétés physiques des objets. Ainsi souvent une même action conduit à des fins différentes, et inversement

(1) Dans le prolongement de ces réflexions, voir également BRUNSWICK, 1955.

(2) PAVLOV tente de conditionner une réponse salivaire chez trois chiens en utilisant un stimulus conditionnel différent pour chacun d'eux. Dans le premier cas, le stimulus conditionnel est présenté alternativement avec et sans renforcement alimentaire, et le réflexe conditionnel apparaît vers la vingtième présentation. Dans le second cas, le stimulus inconditionnel est présenté une fois sur trois; la réponse conditionnelle se développe vers la septième apparition de celui-ci, mais l'animal devient extrêmement excité. Avec le troisième chien, le stimulus conditionnel est renforcé une fois sur quatre, sans qu'un conditionnement s'établisse, malgré 240 présentations dont 60 en conjonction avec la nourriture. PAVLOV reconnaît ne pas parvenir à interpréter ces résultats.

une même fin peut être atteinte par des actions diverses. Alors que précédemment le psychologue avait eu recours aux probabilités pour traduire sa propre incertitude devant les fluctuations des réponses des sujets (modèle du jugement comparatif de THURSTONE, 1927), il sera tenté désormais d'introduire l'aléatoire dans la situation expérimentale elle-même. Le passage à l'acte est survenu presque aussitôt avec l'étude des apprentissages à renforcement intermittent.

Les premières expériences de conditionnement instrumental avec renforcement intermittent sont réalisées par SKINNER (1938). L'année suivante, BRUNSWICK (1939) publie les résultats d'une expérience où des rats dans un labyrinthe en T reçoivent de la nourriture à l'extrémité du couloir emprunté avec des probabilités variables selon les conditions expérimentales, le but poursuivi étant de fonder une « psychophysique des probabilités ». Plusieurs autres expériences furent réalisées la même année ⁽¹⁾. HUMPHREYS (1939 a) n'observe aucune différence dans le conditionnement d'une réponse palpébrale renforcée à 50 % de façon aléatoire par un jet d'air, et le niveau de performance de deux groupes renforcés à 100 %. Ces premiers résultats sont confirmés par deux nouvelles expériences (1939 c et 1940) où il utilise une réponse psychogalvanique renforcée à 50 % ou à 100 % par un choc. Notant la contradiction entre ces résultats et les axiomes fondamentaux des théories régnantes du conditionnement et de l'apprentissage, en particulier celles de HULL et de SPENCE, qui lient l'acquisition d'une réponse à la fréquence des renforcements, et la vitesse de l'extinction au niveau initial atteint, HUMPHREYS propose une hypothèse fondée sur le concept d'attente ("expectancy"). C'est afin d'explicitier ce concept qu'il réalisera une nouvelle expérience (1939 b), qui deviendra l'expérience principes des situations dites d'apprentissage de probabilités.

Par la suite, il sera souvent rapporté que le renforcement intermittent d'une réponse unique entraîne une vitesse d'apprentissage moindre qu'un renforcement constant, mais avec des différences minimales et fréquemment non significatives. En tout cas, que les pentes des courbes d'apprentissage soient équivalentes ou non, il est fréquent que les sujets au terme de l'apprentissage émettent à tous les essais une réponse qui n'est renforcée qu'occasionnellement; en outre, l'extinction est nettement plus lente qu'avec un renforcement constant (cf. les revues de question de JENKINS et STANLEY, 1950, et de LEWIS, 1960).

(1) La procédure avec renforcement intermittent a été utilisée également lors d'une phase de maintenance, postérieure à un apprentissage réalisé avec renforcement constant (BROGDEN, 1939)

Les résultats sont fort différents dans la seconde expérience de HUMPHREYS (1939 b) conçue comme un analogue sur le plan verbal de sa précédente expérience de conditionnement à renforcement intermittent. Le dispositif utilisé est constitué par un panneau avec une lampe à gauche et une lampe à droite. Au début de chaque essai, la lampe de gauche s'allume toujours (situation-stimulus constante), puis 5 secondes après, parfois la lampe de droite (2 issues). L'auteur donne peu d'information sur les consignes utilisées. Les sujets, des étudiants, devaient « deviner si la lumière de gauche serait suivie ou non par la lumière de droite » (2 réponses). Au cours des 24 essais de la phase d'acquisition, la lumière de gauche est toujours suivie dans le groupe I par la lumière de droite, tandis que dans le groupe II la lumière de droite survient dans 50 % des essais selon une succession imprévisible. Cette première phase est suivie dans les deux groupes par 12 essais d'extinction. Le pourcentage de réponses « oui » atteint presque 100 % dans le groupe I lors des derniers essais de la première phase, tandis que celui du groupe II oscille autour de 50 % : les deux groupes se comportent donc très différemment l'un de l'autre, contrairement à la précédente expérience de HUMPHREYS, où le niveau final de performance des groupes contrôles avec 100 % de renforcement ne diffère pas de celui du groupe expérimental avec 50 % de renforcement. Très curieusement, l'auteur ne s'intéresse pas du tout à cette disparité importante entre les deux expériences...

Sans que l'existence d'une différence entre les deux situations soit débattue, la seconde s'individualise dans la littérature sous le nom de *conditionnement verbal*, terme emprunté à HUMPHREYS, mais qui sera progressivement moins usité au profit du terme *apprentissage de probabilité* auquel nous préférons celui de *choix en situation aléatoire*, pour des raisons qui apparaîtront plus loin.

Or une différence fondamentale entre les deux situations de HUMPHREYS devient apparente si on les envisage du point de vue de la relation entre les réponses et les issues-sanctions. Cette différence peut être concrétisée par des matrices analogues à la matrice des gains et pertes des différentes réponses en fonction des états de la nature, utilisée dans la théorie de la décision, en considérant ici les issues-sanctions relatives à chaque combinaison d'une réponse avec une issue-état (Tableau II-1).

Dans les deux situations, les issues-états sont indépendantes de la réponse. Par contre, si on considère un essai isolé (et sans tenir compte de la probabilité des issues-états), les deux types de réponse peuvent

TABLEAU II-1

*Comparaison des deux situations de Humphreys
du point de vue des issues sanctions*

(En colonne les issues-états; dans les cases issue-sanction correspondant aux diverses combinaisons possibles d'une réponse avec une issue-état).

a) Conditionnement du réflexe palpébral avec renforcement intermittent.

	i_0 (pas de jet d'air)	i_1 (jet d'air)
r_0 (pas de réponse palpébrale)	0 (ou satisfaction cognitive minime ?)	— désagrément dû à un stimulus nociceptif
r_1 (réponse palpébrale)	0 (réponse inutile mais coût relativement très faible)	0 (ou satisfaction d'avoir évité un stimulus nociceptif ?)

b) « Conditionnement verbal » avec renforcement intermittent.

	i_0 (la lampe ne s'allume pas)	i_1 (la lampe s'allume)
r_0 (non)	+ (correct)	— (incorrect)
r_1 (oui)	— (incorrect)	+ (correct)

entraîner des conséquences, ou issues-sanctions, qui sont rigoureusement identiques dans le « conditionnement verbal » mais non dans le conditionnement d'évitement. Dans le premier cas, si on considère que, dans une expérience de prédiction, l'objectif des sujets est de faire des prédictions exactes, chaque réponse peut éventuellement être « payante » : les issues-sanctions possibles sont les mêmes pour toutes les réponses. Dans le deuxième cas, une seule réponse s'avère « payante » lorsqu'on présente le stimulus inconditionnel nociceptif, mais en l'absence de ce dernier les deux réponses sont équivalentes ou sensiblement équivalentes. Les issues-sanctions possibles diffèrent selon le type de réponse émise.

Cette différence formelle entre les deux situations est de nature à expliquer les différences de comportement enregistrées. Aussi nul ne s'étonne dans la vie quotidienne qu'une conduite infructueuse soit néan-

moins répétée si elle est seule à pouvoir procurer une satisfaction déterminée (chasse, pêche, etc...) ou que l'on se prémunisse contre un danger qui ne se manifeste pas chaque fois qu'il est signalé (feux clignotants dans la circulation routière).

Les expériences de prédiction de ce type avec règle aléatoire de présentation des issues appartiennent à la classe des expériences dites avec renforcement intermittent. Mais si on utilise cette expression, il est alors nécessaire d'introduire une distinction entre les situations avec « renforcement intermittent d'une réponse unique » et celles avec « renforcement intermittent de réponses multiples ». Faute de quoi, il s'avère bien difficile de mettre un peu d'ordre dans les résultats obtenus (cf. les deux revues de question citées).

II. — Mise en évidence de la loi de l'ajustement

Conformément à l'usage, la lettre grecque π affectée des indices 1, 2, ... j, ... m, désigne la probabilité des issues $i_1, i_2, \dots i_j, \dots i_m$: $\pi_j = p(i_j)$. La probabilité des réponses de prédiction de ces mêmes issues sera désignée respectivement par $p_1, p_2, \dots p_j, \dots p_m$: $p_j = p(r_j)$.

1. *L'expérience de Grant, Hake, Hornseth (1951).*

Ces auteurs utilisent une procédure identique à celle de l'expérience de prédiction de HUMPHREYS, avec deux issues : i_1 = lumière à droite, i_2 = pas de lumière à droite; le début de chaque essai est indiqué par un signal préparatoire identique à tous les essais (une lumière à gauche). La tâche des sujets est de « deviner » si la lumière de droite s'allumera ou non. Le nombre des essais de la phase d'acquisition est porté à 60 au lieu de 24 précédemment (celui de la phase d'extinction à 30). Cinq groupes d'étudiants sont affectés à l'une des cinq conditions expérimentales : $\pi_1 = 0$, $\pi_1 = 0,25$, $\pi_1 = 0,50$, $\pi_1 = 0,75$, $\pi_1 = 1$.

Les résultats sont sans ambiguïté : au terme de la phase d'acquisition, la fréquence des réponses affirmatives r_1 est très proche de la fréquence d'apparition de la lumière à droite dans chacun des groupes, alors qu'elle oscille autour de 0,50 lors des premiers essais. De façon complémentaire p_2 devient sensiblement égal à π_2 .

Une autre façon d'exposer ces résultats est de dire que la fréquence asymptotique des réponses r_1 et r_2 est égale à leur fréquence respec-

tive de renforcement, en définissant ici le renforcement par l'exactitude de la prédiction; en effet, la probabilité d'occurrence des deux issues étant constante d'essai en essai, indépendante du passé expérimental, il en résulte que r_1 est renforcée en moyenne dans la proportion π_1 des essais où elle est émise et r_2 dans la proportion π_2 .

Ce résultat est désigné dans la littérature par l'expression ; ajustement de la fréquence des réponses à la fréquence de renforcement, ou plus brièvement par *ajustement*.

2. Incidence historique de ce résultat.

Pour diverses raisons, ce résultat allait attirer l'attention des chercheurs sur ce type de situation expérimentale.

a) La simplicité tout d'abord de la relation établie entre une variable de comportement et une variable de situation, dans une discipline où, après la loi de WEBER, on a souvent été contraint d'utiliser des expressions fort complexes pour traduire les résultats en termes mathématiques.

b) Le non-emploi de la stratégie optimale, définie dans le cadre de la théorie statistique de la décision comme celle qui permet de maximiser le gain attendu. En effet, un calcul élémentaire permet de montrer que l'espérance mathématique la plus élevée du nombre de prédictions correctes est obtenue pour la stratégie pure consistant à prédire à tous les essais l'issue ayant la probabilité la plus élevée, ou issue majoritaire (si on suppose l'indépendance entre les issues successives et la stationnarité de la règle de présentation des issues). L'occurrence des issues étant indépendante à chaque essai du passé expérimental, une proportion π_1 des réponses r_1 sera exacte, et une proportion π_2 des réponses r_2 . D'où :

$$\begin{aligned} &\text{Espérance de la proportion de réponses exactes}^{(1)} = \\ &p_1 \pi_1 + p_2 \pi_2. \end{aligned}$$

Or ici : $p_2 = 1 - p_1$ et $\pi_2 = 1 - \pi_1$; par substitution et par transformation de l'expression précédente, on obtient :

$$\begin{aligned} &\text{Espérance de la proportion des réponses exactes} \\ &= (2 \pi_1 - 1) p_1 + (1 - \pi_1). \end{aligned}$$

(1) Comme il s'agit exactement de l'espérance mathématique de cette proportion, un sujet caractérisé par p_1 et p_2 peut obtenir sur un nombre limité d'essais une proportion de gains inférieure ou supérieure à celle indiquée par l'expression, tandis qu'on observera une convergence de la proportion effective vers l'espérance lorsque le nombre d'essais s'accroît.

Cette nouvelle expression fait apparaître que la proportion de gains est une fonction linéaire de p_1 , maximum lorsque $p_1 = 1$ si l'indice 1 désigne la prédiction de l'issue majoritaire. Lorsqu'on pose $\pi_1 \geq 0,50$, la représentation graphique se traduit par un faisceau de droites, une pour chaque valeur de π_1 , de pente positive ou nulle et passant toutes par le point de coordonnées $(0,50; 0,50)$ (Fig. II-1). Ainsi, dans une expérience où $\pi_1 = 0,75$, l'espérance mathématique de gain d'un sujet qui ajuste est égale à :

$$(3/4 \times 3/4) + (1/4 \times 1/4) = 10/16$$

alors que s'il prédit l'issue majoritaire à tous les essais, l'espérance mathématique est égale à $3/4$ soit $12/16$ (il gagne chaque fois que survient l'issue majoritaire, et uniquement dans ce cas).

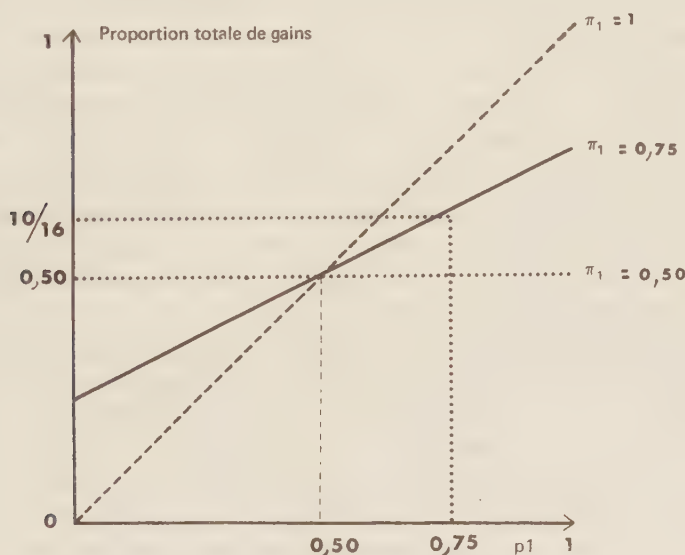


FIGURE II-1

Représentation graphique de la relation linéaire entre la proportion totale de réponses exactes et p_1 .

(On a posé ici $\pi_1 \geq 0,50$.)

Ces raisons devaient entraîner la multiplication des expériences de ce type : il était tentant de rechercher d'une part si la relation trouvée était suffisamment générale pour mériter le nom de loi, comme certains n'hésitaient pas à le faire, ou si elle comportait des exceptions; et d'autre part, quels étaient les fondements d'un comportement qui a été qualifié « d'irrationnel » parce que ne permettant pas de maximiser le gain

attendu. Une raison supplémentaire est liée au développement des modèles mathématiques d'apprentissage depuis 1950 : cette situation expérimentale a servi de « champ de manœuvre » aux auteurs de modèles pendant plus d'une décade.

III. — Quelques problèmes méthodologiques

1. *Le dispositif expérimental.*

De nombreux dispositifs matériels ont été utilisés avec des sujets humains. BUSH et MOSTELLER (1955) en décrivent déjà sept. Ce nombre est beaucoup plus élevé aujourd'hui, surtout si on tient compte des nombreuses variantes de procédure adoptées pour intéresser de jeunes enfants. Disons brièvement que le dispositif de HUMPHREYS (1939 b), encore utilisé par GRANT, HAKE et HORNSETH (1951), a été abandonné, le plus souvent pour le dispositif suivant, que nous appellerons désormais dispositif standard : le sujet est assis devant un panneau qui comporte une lampe isolée en haut, ou lampe stimulus, deux lampes (ou k lampes) au-dessous distinguées par leur position spatiale, droite ou gauche, dont l'allumage constitue les issues, et deux clés (ou k clefs) de réponses au-dessous de celles-ci et leur correspondant spatialement. De très nombreuses variantes ont été introduites : réponses verbales ou graphiques, stimulus et issues présentés auditivement, etc., sans que les résultats obtenus permettent de conclure que le dispositif matériel a une incidence sur les résultats, à la double condition que la structure formelle de l'expérience ne soit pas affectée d'une part, et que le dispositif n'apporte par lui-même aucune information additionnelle sur la manière dont est engendrée la succession des issues d'autre part.

Par exemple, l'emploi d'une urne contenant plusieurs types de billes, et dans laquelle on effectue des tirages successifs pour engendrer les issues, ne donne généralement pas les mêmes résultats que le dispositif standard : il est vraisemblable que le dispositif apporte aux sujets une information indépendante des consignes.

Par contre, des modifications relativement importantes par rapport au dispositif standard peuvent survenir sans que les résultats en soient affectés : c'est ainsi qu'on peut par exemple supprimer dans certaines conditions le stimulus lorsque l'expérience ne comporte que des issues

non nulles, chaque issue assumant alors une double fonction, celle d'issue pour l'essai en cours, et de signal préparatoire pour l'essai suivant.

Il importe évidemment d'être très circonspect lorsqu'on introduit des variantes par rapport au dispositif standard. Notons par exemple que celui-ci exclut tout enregistrement des issues ou des réponses précédentes auquel pourrait se reporter le sujet, qui ne dispose que de l'information stockée dans sa propre mémoire. Bien que NEIMARK et SHUFORD (1959), et PANDA (1962) ne trouvent aucune différence significative quant à la fréquence des réponses entre les groupes ayant la possibilité de consulter leurs réponses antérieures, ou les issues et les réponses antérieures, et les groupes auxquels cette possibilité est interdite, on ne saurait exclure une incidence éventuelle de ce facteur sur d'autres variables dépendantes, comme les effets séquentiels (cf. chapitre III).

2. Les expériences de prédiction simple.

La description du matériel employé ne suffit pas à définir la procédure utilisée. Par exemple, avec un dispositif standard comportant deux ampoules-issues :

- une et une seule peut s'allumer à chaque essai, soit 2 issues.
- 0, 1 ou 2 ampoules peuvent s'allumer à chaque essai, l'allumage de l'une étant indépendant de celui de l'autre, soit 4 issues composées (aucune ampoule, celle de droite seule, celle de gauche seule, les deux ampoules).

Bien d'autres variantes de procédure peuvent être introduites avec un même dispositif.

On appellera *expériences de prédiction simple* celles qui satisfont aux trois conditions suivantes :

- les issues présentées sont des issues-états (les issues-sanctions étant constituées par l'exactitude ou l'inexactitude de la prédiction);
- la règle de présentation des issues-états est indépendante des réponses du sujet;
- à chacun des issues susceptibles d'être présentées correspond une réponse et une seule.

En ce qui concerne la troisième condition, cette correspondance peut être rompue de diverses façons : introduction d'essais « blancs »

(à certains essais, après la réponse du sujet, l'expérimentateur ne présente aucune des issues stipulées dans les consignes); présentation d'issues composées, alors qu'on demande au sujet de prévoir les issues de base (ANDERSON et GRANT, 1957), etc...

3. *Résultats individuels et moyennes inter-individuelles.*

Les faits cruciaux, comme l'ajustement, ont été établis par des moyennes inter-individuelles. Le problème se pose tout naturellement de savoir si les phénomènes rapportés ont seulement une existence au niveau du groupe, ou s'ils se manifestent également au niveau du comportement individuel. On est conduit ainsi à envisager la dispersion des résultats individuels par rapport aux moyennes de groupe. Car la concordance entre π_1 et p_1 peut être obtenue de multiples façons, soit que π_1 représente le mode unique d'une distribution des p_1 individuels, soit qu'une partie du groupe adopte la stratégie optimale tandis que l'autre partie répartit ses réponses de façon équiprobable, etc.

Certaines études mentionnent les proportions finales de réponses des différents sujets (par ex. EDWARDS, 1961). On peut constater une variabilité considérable, certains sujets effectuant même plus fréquemment le choix le moins favorable lorsque π_1 est proche de 0,50 (ce qui n'autorise pas à affirmer qu'ils n'ont rien appris) ⁽¹⁾. Cependant, la moyenne inter-individuelle apparaît bien représentative du comportement de la majorité des sujets.

Une grande variabilité serait également observée si on extrayait d'une urne contenant deux types de billes autant d'échantillons qu'il y a de sujets dans le groupe (et autant de billes par échantillon qu'il y a d'essais dans le bloc analysé). Une telle procédure a fourni à certains auteurs des critères précis pour subdiviser un groupe entre sujets qui ajustent, surajustent ou sousajustent, en incluant dans le premier sous-groupe tous les sujets pour lesquels p_1 est compris entre les deux limites obtenues en ajoutant ou en retranchant l'écart-type de la distribution d'échantillonnage à la valeur de π_1 (DERKS et PACLISANU, 1967).

Lorsqu'on compare les résultats de sujets réels aux résultats de sujets fictifs, les réponses de ceux-ci étant engendrées essai par essai conformément aux axiomes d'un modèle stochastique prédisant l'ajuste-

(1) Par exemple, dans une étude de DERKS et PACLISANU (1967), tous les sujets, des enfants, indiquent correctement après l'expérience l'éventualité la plus favorable, quel que soit leur comportement antérieur.

ment (procédure de simulation), on observe une variabilité inter-individuelle comparable des probabilités moyennes de réponse (ESTES, 1964).

4. *La constitution de la série aléatoire.*

Les données sont analysées par blocs successifs comme dans les expériences d'apprentissage. Si les blocs comportent très peu d'essais, en portant sur un même graphique pour chaque bloc non seulement les valeurs de p_1 , mais aussi la proportion d'issues i_1 effectivement présentées, on constate que la fréquence des réponses r_1 tend à suivre les fluctuations locales de π_1 : cet effet se superpose aux changements plus lents et plus stables qui vont constituer la courbe d'apprentissage.

Ce phénomène appelé *poursuite des probabilités* par EDWARDS (1961) a été observé par ESTES et STRAUGHAN (1954), MATALON (1959), NEIMARK et SHUFORD (1959).

Ce phénomène n'apparaît pas si la série est constituée de blocs successifs au sein desquels les proportions effectives sont bien égales à π_1 et π_2 , et si ces mêmes blocs servent d'unité d'analyse lors des dépouillements; il n'apparaît pas non plus lorsque, la série ayant été constituée en une seule opération et non par segments successifs, l'analyse est effectuée sur les blocs comportant un nombre élevé d'essais. Le problème de la procédure à utiliser pour aléatoriser la série resurgira ultérieurement à propos des effets séquentiels (cf. III-III-3).

IV. — Variables ayant une incidence sur l'ajustement

Citons, parmi les premières expériences ayant confirmé l'ajustement, celles de JARVIK (1951), NEIMARK (1953, cité par BUSH et MOSTELLER, 1955), HAKE et HYMAN (1953), BURKES, ESTES et HELLYER (1954), J.J. GOODNOW (1955 a), GOODNOW et POSTMAN (1955), EDWARDS (1956), NEIMARK (1956).

Très rapidement, les expériences se sont orientées vers la recherche des facteurs susceptibles de mettre en défaut la « loi » de l'ajustement.

Dans les paragraphes 1, 2, 3, 4, il s'agit généralement d'expériences de prédiction simple, avec règle de présentation aléatoire simple des issues, sauf spécification contraire. Les paragraphes 5, 6, 7 se réfèrent à des procédures plus complexes.

Par souci de brièveté, nous mentionnerons les résultats correspondant à la prédiction de l'issue majoritaire.

1. *La consigne.*

Bien que les instructions données aux sujets apparaissent fort diverses lorsqu'on consulte la littérature, elles interviennent très rarement comme variable indépendante. En général, on ne donne que des indications très brèves sur la tâche, et on évite de procurer une quelconque information sur la manière dont la série des issues a été engendrée, ou de suggérer une stratégie particulière. C'est qu'en effet donner une information additionnelle est chose difficile (ainsi, nous avons pu constater que pour une grande partie de nos sujets, des étudiants n'ayant reçu aucun enseignement sur la théorie des probabilités, les termes « aléatoire » ou « hasard » étaient synonymes d'équiprobable).

Nous distinguerons deux aspects dans la consigne : d'une part, la nature de la tâche demandée au sujet; d'autre part, l'information qui lui est apportée sur la règle de présentation des issues.

a) *Nature de la tâche.*

Les premières expériences réalisées demandent au sujet de « deviner » quelle issue sera présentée, sans autre recommandation supplémentaire. Le terme « deviner » n'est peut-être pas très heureux, car il possède trop de connotations diverses en français comme en anglais, dont certaines en rapport avec la « divination ». Dans les expériences plus récentes, ce terme est généralement évité au profit de termes plus neutres comme « prédire ».

Le choix des termes à employer pour désigner le type d'activité requis est cependant insuffisant pour spécifier de façon précise l'objectif que doit s'assigner le sujet. ESTES et STRAUGHAN (1954) stipulent que la tâche « est de deviner ce que fera l'expérimentateur à chaque essai, ou au moins aussi souvent que vous pourrez ». Ultérieurement, on recommandera fréquemment au sujet de faire le plus possible de prédictions exactes, ou encore d'« améliorer l'exactitude des prédictions » (ANDERSON et GRANT, 1957); dans ce dernier cas, la tâche est présentée, explicitement ou non, comme une tâche d'apprentissage. On peut se demander si cette dernière formulation n'induit pas subrepticement une représentation particulière de la série des issues excluant une règle de présentation aléatoire : dans des expériences personnelles où nous

demandions à nos sujets d'accroître la proportion des prédictions exactes, certains ont jugé cette recommandation contradictoire avec le caractère aléatoire de la série stipulé par ailleurs. Ainsi, tant que nous ignorerons quelle représentation d'un phénomène aléatoire élaborent les sujets n'ayant aucune connaissance de la théorie des probabilités, il apparaît difficile de contrôler de façon rigoureuse l'information qui leur est apportée par les consignes. Notons toutefois qu'ANDERSON et GRANT (1957) n'observent pas de différence entre des groupes de sujets auxquels ils demandent soit de deviner l'issue présentée par l'expérimentateur, soit d'apprendre à améliorer l'exactitude des prédictions, les sujets étant informés en outre qu'il n'existe aucun pattern déterminé dans la série.

Enfin, il convient de souligner une autre caractéristique possible de la consigne, selon qu'elle suggère de rechercher l'exactitude des prédictions au niveau de chacun des essais successifs, ou au contraire au niveau de l'ensemble des essais (ou d'un bloc d'essais). A première vue, cette distinction peut paraître purement artificielle, le total des prédictions correctes correspondant bien sûr au nombre des essais où la réponse émise a été correcte. Cependant Mc CRACKEN, OSTERHOUT et Voss (1962) observent des différences très marquées selon la formulation de la consigne : dans un groupe, on demande aux sujets d'essayer de prédire chacune des issues, de faire en sorte que chacune des prédictions soit exacte; dans l'autre groupe, il est demandé d'éviter dans toute la mesure du possible une approche essai par essai, et d'employer plutôt une stratégie permettant de faire le nombre maximum de prédictions correctes. Le premier groupe de sujets ajuste, le second surajuste très nettement ($\pi_1 = 0,70$; $0,85 < p_1 < 0,90$); fait intéressant, un autre groupe auquel on demande simplement de faire « autant de prédictions exactes que possible », ce qui correspond à un type usuel de consigne, ajuste également : ainsi lorsqu'on n'explicite pas s'il convient d'adapter une démarche moléculaire ou une démarche globale, les sujets adopteraient spontanément la première.

On peut interpréter ces résultats en faisant l'hypothèse que dans la démarche moléculaire, où les décisions sont prises coup par coup, chaque essai constitue un nouveau problème : les sujets sont en quelque sorte invités à « finasser » pour accroître le nombre de prédictions exactes. Par contre, la démarche globale, en suggérant qu'il faut considérer la tâche comme un problème unique et non comme une succession de problèmes, peut conduire à une comparaison de diverses stratégies d'ensemble et ainsi favoriser l'emploi de la stratégie optimale.

b) *Information sur la règle de présentation des issues.*

VAN DER MEER (1960) obtient, avec des sujets informés brièvement du caractère aléatoire de la série, une probabilité moyenne de réponse inférieure à celle de sujets auxquels on a indiqué qu'il existait une règle de réponse permettant de trouver à chaque essai la bonne réponse (ces derniers étant induits en erreur). Ce résultat pose un problème, car il paraît peu cohérent avec d'autres résultats acquis en manipulant comme variable indépendante soit la consigne, soit la procédure de présentation des issues (cf. II-IV-3). Dans une expérience personnelle (exp. 1, II-VI), nous avons observé que les sujets informés du caractère aléatoire de la série des issues avaient une performance supérieure à celle des sujets non informés. Avec une procédure complexe, BRAND, SADOKA et WOODS (1958) obtiennent un surajustement avec des consignes mentionnant le caractère aléatoire de la série dans un de leurs groupes, tandis qu'ANDERSON et GRANT (1957) n'observent aucun effet. Dans les études comparatives de WEIR (1962), GRUEN et WEIR (1964), ce facteur est sans effet avec des enfants ou des adolescents, tandis que les adultes surajustent avec des consignes mentionnant le caractère aléatoire de la série (procédure complexe également).

Pour d'autres facteurs pertinents seulement avec les procédures complexes, voir KOEHLER (1961).

2. *Les conditions temporelles.*

Ces expériences poursuivent un double but, d'une part placer les sujets dans des conditions si contraignantes temporellement que l'on puisse exclure la possibilité de compter ou de mettre en œuvre des activités cognitives complexes; d'autre part, voir si cette situation expérimentale se comporte comme un apprentissage S-R à l'égard de la variable critique temps.

a) *L'intervalle inter-essai.*

Il s'agit de l'intervalle intervenant entre la fin de l'issue d'un essai et le début du stimulus de l'essai suivant. Dans 4 expériences où il est manipulé comme variable indépendante, il n'a aucune incidence sur la probabilité des réponses : 5, 10 et 20 sec. avec HUMPHREYS, MILLER et ELLSON (1950); 5 et 40 sec. avec GRANT, HORNSETH et HAKE (1940); 1 et 15 sec. avec DERKS (1962); 1, 3 1/2 et 6 sec. avec ANDERSON

(1960). Cependant, ANDERSON et GRANT (1957) trouvent un effet significatif avec une procédure complexe.

b) *L'intervalle intra-essai.*

Avec le dispositif standard, deux procédures peuvent être utilisées, soit maintenir constant l'intervalle stimulus-issu, la latence de la réponse du sujet ne pouvant alors excéder cette durée, soit réaliser une expérience autocadencée, aucune restriction n'étant imposée à la latence de la réponse, auquel cas l'intervalle réponse-issu est constant.

i) Intervalle constant stimulus-issu.

Une expérience de GARDNER (1957) apporte des résultats peu concluants par suite de la présence d'une interaction. Utilisant un plan 2×2 (2 durées pour l'essai, 4 et 10 sec., et 2 degrés de similitude entre les issues), il n'obtient pas de différence lorsque la similitude est élevée (2 ampoules identiques distinguées seulement par leur position spatiale), mais en obtient une lorsque la similitude est faible (2 ampoules distinguées par la position et la couleur).

ii) Intervalle constant réponse-issu (expérience auto-cadencée).

DERKS (1962) n'observe pas de différence entre 2 groupes de sujets où cet intervalle est égal à 1 ou 15 sec.

c) *La latence de la réponse.*

Afin de constituer un groupe dit « latence restreinte », DERKS (1962) demande à certains sujets de répondre le plus rapidement possible après la présentation du stimulus et si possible en 0,2 sec. La procédure est auto-cadencée, l'issu survenant 1 sec. après la réponse, et l'intervalle inter-essai étant égal à 1 sec. En fait, les sujets de ce groupe répondent avec une latence moyenne de 0,5 sec. contre 5 sec. pour ceux du groupe contrôle, et ils ajustent ($\pi_1 = 0,75$; $p_1 = 0,76$), tandis que les sujets du groupe contrôle surajustent ($p_1 = 0,85$). Une limitation radicale du temps de décision aurait donc une incidence sur la probabilité moyenne de la réponse.

En conclusion, le comportement en situation aléatoire apparaît moins dépendant des facteurs temporels que ne l'est le comportement dans les situations traditionnelles d'apprentissage. Cependant ces résultats ne permettent pas d'exclure un effet plus général des facteurs temporels, car presque toutes les études rapportées font appel à une seule variable

dépendante, la probabilité moyenne de réponse : dans les cas où aucune différence n'apparaît sur cette variable, il est possible que des indicateurs plus fins, comme les effets séquentiels, soient plus sensibles.

3. *Le nombre d'essais.*

HUMPHREYS (1939, b) n'a utilisé que 24 essais; GRANT, HAKE et HORNSETH (1951), 60. Certains auteurs ont estimé que l'ajustement correspond seulement à une phase intermédiaire du processus, mais non au comportement asymptotique qui n'apparaîtrait qu'avec un nombre plus élevé d'essais. Avec deux issues, si une centaine d'essais conduisent à l'ajustement, un nombre moyen d'essais (200 à 400) entraîne un léger surajustement non-significatif. Ce léger surajustement est souvent ignoré dans chaque étude particulière, mais il prend un sens lorsqu'on considère l'ensemble de ces études, comme le fait EDWARDS (1956, 1961), car la proportion des cas où il est observé est très élevée. La différence entre p_1 et π_1 est toujours significative avec un nombre important d'essais. EDWARDS (1961) et DERKS (1962) utilisent 1 000 essais avec des sujets humains (et UHL, 1963, 1 000 essais également avec des rats) : la courbe d'apprentissage est négativement accélérée, et ne paraît pas encore stabilisée dans le dernier bloc de la deuxième expérience. Le problème est alors de déterminer quand un comportement véritablement asymptotique est atteint.

4. *La valeur de π_1 .*

La comparaison des courbes d'apprentissage obtenues dans des conditions analogues suggère que l'écart entre π_1 et l'équiprobabilité a une incidence sur la pente de la courbe, et de ce fait sur le niveau terminal. EDWARDS (1956, 1961) oppose à l'ajustement une hypothèse dite « généralisation de l'asymptote extrême » : l'écart entre p_1 et π_1 sera d'autant plus marqué que l'écart entre π_1 et l'équiprobabilité est plus important. Diverses données sont favorables à cette hypothèse (EDWARDS, 1961; MYERS, FORT, KATZ et SUIDAM, 1963).

5. *Le nombre d'éventualités.*

NEIMARK (1956) observe l'ajustement avec trois éventualités, ainsi que DETAMBEL (1955) avec deux, quatre ou huit éventualités. Mais le

premier utilise 100 essais, et le second 200. Des expériences ultérieures avec un nombre d'essais plus élevé feront apparaître de façon constante un surajustement pour l'éventualité la plus fréquente.

GARDNER (1957), avec 450 essais, n'observe aucune différence significative entre p_1 et π_1 pour les deux groupes avec 2 choix, mais une différence significative pour les quatre groupes avec 3 choix. Cette expérience a été répétée par COTTON et RECHTSCHAFFEN (1958) avec les mêmes résultats.

Dans une nouvelle expérience avec huit groupes de sujets et 2, 3, 4, 5, 7 ou 8 choix, GARDNER (1958) observe une différence significative entre p_1 et π_1 pour tous les groupes ayant plus de 3 choix. En outre, les résultats suggèrent que p_1 est une fonction linéaire du nombre de choix.

Ainsi, si un nombre d'essais suffisant demeure une condition nécessaire pour mettre en évidence un surajustement liée au nombre d'éventualités, ce dernier facteur ne se confond pas cependant avec le premier.

6. *Gain et coût des réponses.*

Dans la plupart des situations expérimentales, une réponse exacte ne procure au sujet que la satisfaction d'avoir prédit correctement l'apparition de l'événement. Certains auteurs cependant ont voulu déterminer l'incidence des sanctions liées par l'expérimentateur à une réponse correcte ou incorrecte. Les récompenses et les pertes sont habituellement monétaires, ce qui, outre l'avantage de la simplicité, présente l'intérêt de faire intervenir des utilités unidimensionnelles. Pour plus de clarté, il convient de classer les diverses conditions expérimentales réalisables, conformément par exemple aux dichotomies suivantes : présence ou absence de gain pour les choix corrects, présence ou absence de coût pour les choix incorrects, gains égaux ou différents et coûts égaux ou différents. La combinaison de ces facteurs engendre neuf conditions expérimentales, correspondant aux cases du tableau II-2. Elles déterminent en outre deux caractéristiques de ces conditions : d'une part, la parité ou la non parité des différents choix proposés, selon que le gain et la perte sont identiques pour toutes les réponses ou non; d'autre part, la symétrie du gain et du coût (même valeur absolue), qui peut intervenir pour l'ensemble des réponses, pour quelques-unes ou pour aucune.

TABLEAU II-2

Classification des situations en fonction des gains et des coûts associés aux réponses (PC : parité des choix; NPC : non parité des choix; SGC : nombre de choix avec symétrie du gain et du coût; k : nombre de réponses possibles).

		Gain des choix corrects		
		Absents	Présents	
			égaux	Différents
Coûts des choix incorrects	Absents	1 Expériences de prédiction simple	2 PC	3 N PC
		4 PC	5 PC $SGC = 0$ ou k	6 N PC $0 \leq SGC < k$
		7 N PC	8 N PC $0 \leq SGC < k$	9 N PC $0 \leq SGC \leq 0$
	Présents			

La notion de parité entre les différents choix est intéressante par son incidence sur la stratégie que devrait adopter le sujet. En effet, dans les situations où chacun des choix possibles assure le même gain et la même perte, le gain final est directement proportionnel au nombre de réponses exactes; la stratégie optimale est donc dans ce cas la même que dans les expériences de prédiction simple. Par contre, dans les cas où il n'y a pas parité entre les choix, le gain le plus important peut éventuellement être obtenu en effectuant toujours une prédiction qui a une probabilité faible d'être exacte, mais procurant une récompense plus importante que toute autre réponse exacte; on est alors conduit à envisager des problèmes de même nature que ceux élaborés dans le cadre de la théorie des jeux, à cette différence près que dans les expériences inspirées par cette théorie on communique en général aux sujets les valeurs des probabilités intervenant dans la situation, contrairement aux expériences citées ici. L'intérêt de comparer des conditions avec parité à des conditions sans parité réside dans le fait que les secondes,

contrairement aux premières, permettent de dissocier le nombre de réponses récompensées et la valeur totale du gain.

Dans les situations où interviennent seulement des gains identiques pour toutes les éventualités (case 2 du tableau), on observe un surajustement, d'autant plus important que le gain est plus élevé. Ce résultat sera vérifié notamment par TODA (1956), SIEGEL et GOLDSTEIN (1959), et sur les enfants par BRACKBILL, KAPPY et STARR (1962), SIEGEL et ANDREWS (1962), DERKS (1962). Lorsqu'on introduit des coûts identiques pour toutes les réponses incorrectes, avec symétrie entre le gain et le coût (case 5), on enregistre le même résultat : TODA (1956), EDWARDS (1956), SIEGEL et GOLDSTEIN (1959), SUPPES et ATKINSON (1960), MYERS, REILLY et TAUB (1961), DERKS (1962), MYERS, FORT, KATZ et SUYDAM (1963). Cette dernière expérience suggère en outre que la fonction reliant p_1 au montant du risque est négativement accélérée (différence plus importante entre les sujets qui opèrent dans la condition 0 cent et ceux qui opèrent dans la condition 1 cent, qu'entre ces derniers et ceux de la condition 10 cents).

Si on compare les résultats qui viennent d'être mentionnés à ceux obtenus dans les expériences de prédiction simple, on observe dans des conditions comparables un net surajustement au lieu d'un ajustement ou d'un léger surajustement, alors que d'un point de vue normatif une même conduite s'impose (maximiser le nombre de réponses exactes). Une interprétation en termes S-R pourrait, pour rendre compte de cette différence, faire appel à l'incidence de la quantité de renforcement sur la force de l'habitude, en considérant que la satisfaction due à l'exactitude d'une réponse est moindre que celle due au gain d'un ou plusieurs centimes. Une autre interprétation possible est que la présence de récompenses monétaires, en mettant plus nettement l'accent sur le résultat de l'action propre, favoriserait la comparaison entre les diverses stratégies aux dépens d'autres activités cognitives des sujets et de ce fait conduirait plus fréquemment à l'adoption de la stratégie optimale ou d'une stratégie proche de celle-ci.

Les résultats sont plus complexes lorsqu'il n'y a plus de parité entre les éventualités, ce qui peut être réalisé de diverses façons. On peut utiliser des gains différents avec coût nul (case 3), des gains différents avec un coût constant (case 6) (TAUB et MYERS, 1961; EDWARDS, 1956), ou encore faire varier simultanément le gain et le coût des diverses éventualités (case 9); ainsi procèdent MYERS, REILLY et TAUB (1961) avec 27 groupes de sujets et KATZ (1964) avec 9 groupes. Dans ces deux dernières expériences, une analyse de variance fait apparaître une

absence d'interaction entre le gain et le coût. En outre, les sujets utilisés dans ces situations sans parité entre les divers choix, des étudiants, ont un comportement fort élaboré tenant compte et des probabilités et des risques encourus. Ainsi la réponse la plus fréquente peut correspondre à l'éventualité la moins fréquente si c'est celle-ci qui permet de maximiser les gains : la fréquence des choix ne se hiérarchise plus conformément aux probabilités des issues correspondantes, comme dans les situations avec parité entre éventualités. Sans adopter la stratégie pure qui consiste à effectuer toujours le même choix, celui qui donne l'espérance mathématique de gain la plus élevée, les sujets ont discerné quel est ce choix. Divers modèles issus de la théorie de la décision, et notamment celui de la « minimisation du regret » (EDWARDS, 1956), qui repose sur un concept introduit par SAVAGE (1951) ont été élaborés pour permettre de prévoir, sinon la valeur asymptotique des probabilités de réponse, au moins leur ordination.

7. Situation comportant des « essais blancs ».

Dans cette situation à chaque essai survient une et une seule des $k + 1$ issues de l'ensemble $\{i_0, i_1, i_2 \dots i_k\}$, indépendamment de la réponse effectuée par le sujet, tandis que celui-ci ne peut choisir que parmi un ensemble de k réponses, correspondant aux k issues non nulles (correspondance partielle entre les ensembles R et I); ainsi à certains essais (essais blancs), après une réponse quelconque aucune issue ne survient : cette réponse n'est pas renforcée sans qu'elle puisse être dite erronée, puisqu'aucune autre n'aurait été correcte.

NEIMARK (1953, cité par BUSH et MOSTELLER, 1955) obtient une probabilité moyenne de prédiction de l'issue majoritaire qui atteint l'unité vers le cinquantième essai dans une série (0,34) : 0,66 : 0 (la probabilité portée entre parenthèse est celle de l'issue nulle) et 0,82 dans une série (0,17) : 0,66 : 0,17 pour le bloc des dix derniers essais 91-100 (lecture graphique). Ces résultats sont corroborés par une nouvelle expérience (NEIMARK, 1956) avec 2 ou 3 réponses possibles selon les groupes, et les séries (34) : 66 : 0; (17) : 66 : 17; (34) : 66 : 0 : 0. Les valeurs de p_1 sont respectivement 0,98; 0,79; 0,985. Ainsi, on observe soit un surajustement marqué, soit même une maximisation lorsqu'une seule réponse est susceptible d'être renforcée : notons que, dans ce dernier cas, les sujets sont placés dans une situation de renforcement intermittent d'une réponse unique (Cf. II-I).

8. *Situation de prédiction avec issues dépendantes des réponses.*

La diversité de ces situations est très grande, mais il suffit de considérer deux facteurs binaires pour pouvoir introduire un peu d'ordre.

a) *Information indépendante ou dépendante de la réponse.*

L'information sur la « bonne réponse » peut être apportée à tous les essais indépendamment de l'exactitude de la réponse émise par le sujet, ce qui correspond à la procédure envisagée jusqu'ici où on présente les issues-états. Par contre dans diverses procédures cette information est communiquée au sujet lorsque sa réponse est exacte, mais non si sa réponse est inexacte; tel est le cas lorsqu'on fait appel aux issues-sanctions { exact, inexact }, ou au dispositif de BUSH et MOSTELLER (1955) connu sous le nom de " two-armed bandit ", qui délivre un jeton lorsque la réponse est correcte et rien autrement. Rappelons que lorsque l'expérience ne comporte que deux réponses possibles, le premier et le second cas sont formellement équivalents si à chaque essai une réponse et une seule est correcte. Le cas avec information dépendante peut également être réalisé avec un dispositif comportant k clefs de réponse et k ampoules pour les issues-états; lorsque la prédiction effectuée est correcte il y a réalisation de l'issue-état prédite, mais aucun événement ne survient si la prédiction est incorrecte; ainsi chaque réponse r_j ne peut être suivie que par l'issue-état correspondante, i_j , ou par l'issue nulle i_0 , soit $k + 1$ issues (on peut ramener le nombre d'issues à 2, en réduisant à un événement expérimental unique toutes les issues non-nulles). Notons que le cas avec information dépendante correspond à une dépendance fonctionnelle (cf. I-III-2) des issues sur l'ensemble des couples engendrés par le produit cartésien de l'ensemble des réponses par un ensemble d'issues-états implicites.

Aucune différence n'a été trouvée entre les situations avec information indépendante et celles avec information dépendante, tant dans les expériences comportant deux éventualités (DETAMBEL, 1950, cité par NEIMARK, 1956; EDWARDS, 1956; NEIMARK, 1956) que dans celles comportant trois éventualités (NEIMARK, 1956; GREEN, 1966).

b) *Distribution de probabilité sur les issues indépendante ou dépendante de la réponse.*

On peut engendrer une dépendance probabiliste des issues-états sur les réponses en définissant pour chaque réponse une distribution de

probabilité distincte sur les issues. Ainsi, dans une situation comportant les issues i_1 et i_2 , on fera correspondre :

à r_1 , la distribution D_1 , avec $\pi_1 = 0,60$ et $\pi_2 = 0,40$;

à r_2 , la distribution D_2 , avec $\pi'_1 = 0,25$ et $\pi'_2 = 0,75$.

Selon que le sujet donne la réponse r_1 , ou r_2 , l'issue-état est déterminée en puisant dans l'urne de composition D_1 , ou dans l'urne de composition D_2 .

Dans l'exemple cité il est plus avantageux de choisir toujours r_2 , puisque la probabilité qu'une réponse soit correcte est égale à $\pi_1 = 0,60$ pour r_1 , et à $\pi'_2 = 0,75$ pour r_2 . L'intérêt de faire appel à des distributions de probabilités différentes selon les réponses réside dans la possibilité de réaliser des situations où la somme des probabilités de renforcement des diverses réponses n'est pas égale à l'unité, comme dans l'exemple cité.

La situation avec dépendance probabiliste des issues-états sur la réponse ne semble pas avoir été étudiée, contrairement à celle avec dépendance probabiliste des issues-sanctions. Dans ce dernier cas, on définit autant de distributions de probabilité sur l'ensemble {exact, inexact} qu'il existe de réponses possibles. Comme précédemment, la somme des probabilités de renforcement des diverses réponses peut être égale à 1 (auquel cas le sujet ne peut discerner cette situation de celle avec information dépendante de la réponse évoquée ci-dessus), ou différente de 1. Lorsque la somme des probabilités de renforcement est inférieure à 1, on observe un surajustement marqué pour l'éventualité la plus favorable (NEIMARK, 1956), et un sous-ajustement lorsque la somme est supérieure à 1 (NEIMARK, 1956; SHELLY, 1960, a et b); ce sous-ajustement obéit dans certains groupes, mais non dans tous, à la règle de proportionnalité suivante :

$$p_1 = \frac{\pi_1}{\pi_1 + \pi_2 + \pi_3}$$

V. — Etudes comparées

Les groupes de sujets humains adultes les plus fréquemment utilisés sont constitués d'étudiants ou de militaires; bien que l'intérêt ne se soit pas porté ici sur des études comparées, la stabilité des conditions dans lesquelles on rapporte un ajustement ou un surajustement semblerait

indiquer qu'il n'y a pas lieu d'attendre des différences marquées entre des groupes d'adultes distingués par les caractères socio-culturels habituels.

1. *Expériences avec des enfants.*

La procédure classique a été rarement utilisée, généralement abandonnée pour des procédures permettant d'attribuer aux enfants des récompenses matérielles lorsque les prédictions sont exactes (billes, bonbons, petits jouets). Grâce à cela, on a pu faire appel à des sujets de plus en plus jeunes, les plus jeunes groupes de sujets utilisés ayant une moyenne d'âge de 3; 10. Les résultats concordent pour faire apparaître l'effet de l'âge, les enfants les plus jeunes surajustent de façon très marquée, tandis que les enfants plus âgés et les adolescents ajustent tout comme les adultes. Pour ne mentionner que des études faisant intervenir plusieurs groupes d'âge, signalons : MATALON (1959), STEVENSON et WEIR (1959), JONES et LIVERANT (1960), WEIR (1962), GOLDMAN et DENNY (1963), GRUEN et WEIR (1964), CRAIG et MEYERS (1963).

Cependant, en examinant plus finement les résultats acquis, WEIR (1964) suggère l'existence d'une fonction en forme de U reliant l'âge chronologique, de la nurserie à la faculté, et la probabilité du choix de l'issue majoritaire. La présence d'une telle fonction apparaît nettement dans les résultats de DERKS et PACLISANU (1967) avec huit groupes d'âge.

2. *Le quotient intellectuel.*

STEVENSON et ZIGLER (1958) montrent que des enfants débiles ont une probabilité asymptotique de choix de la réponse la plus fréquemment renforcée significativement supérieure à celle d'enfants normaux plus jeunes et de même âge mental, excepté dans une condition où une réponse est toujours renforcée et les deux autres jamais. GOLDMAN et DENNY (1963) observent la proportion la plus élevée de sujets qui maximisent parmi ceux ayant un Q.I. inférieur à 90. METZGER (1960), par contre, obtient une probabilité de réponse moins élevée chez des débiles mentaux adultes que chez les enfants normaux de même âge mental (différences non significatives).

3. *Expériences avec des animaux.*

Depuis l'expérience princeps de BRUNSWICK (1939) de nombreuses expériences ont été réalisées avec les animaux les plus divers : rats,

singes, pigeons, poissons, tortues, et même les blattes. Les dispositifs usuels sont le labyrinthe en T, la boîte de SKINNER modifiée avec 2 leviers, la boîte de YERKES pour l'apprentissage discriminatif. Pour ne citer que les expériences comportant un choix entre deux éventualités, et une somme des probabilités de renforcement des deux réponses égale à l'unité (à chaque essai une et une seule réponse est correcte), l'ajustement a été fréquemment rapporté, mais aussi le surajustement ou la maximisation. Une des variables qui affecte de façon marquée la probabilité finale de réponse est l'emploi d'une procédure sans correction ou avec correction ⁽¹⁾ : elle est significativement plus élevée avec la première qu'avec la seconde (PARDUCCI et PULT, 1958; BEHREND et BITTERMAN, 1961; HILL, COTTON et CLAYTON, 1962; WEINSTOCK, NORTH, BRODY et LOGUIDICE, 1965). Un autre facteur important est le nombre d'essais : porté à 1024 par WILSON (1960) avec des singes, à 1 000 par UHL (1965) avec des rats, il entraîne un surajustement marqué dans la procédure avec correction, une quasi-maximisation dans la procédure sans correction. Certains, comme BITTERMAN, WODINSKY et CANDLAND (1958, BITTERMAN (1960, 1965) ont voulu rapporter les différences de comportement observées dans les expériences mettant en jeu diverses espèces animales à des différences corticales liées au développement phylogénétique : ainsi le poisson ajusterait, tandis que le rat surajusterait, ou maximiserait pourvu qu'on lui accorde suffisamment d'essais, dans les procédures avec correction (Rats et poissons surajustent dans les procédures sans correction). WEITZMAN (1967) pense qu'une bonne partie des différences invoquées sont attribuables à des différences de motivation ou de procédure : en équilibrant soigneusement les conditions expérimentales entre un groupe de poissons et un groupe de rats, il obtient l'ajustement dans les deux groupes au terme de 600 essais; en outre, cet ajustement n'est qu'une moyenne de groupe, compatible au niveau individuel avec les comportements les plus divers, ce qui, argumente-t-il, est peu favorable à l'hypothèse que le niveau de développement phylogénétique est déterminant. La contre-épreuve demeure à effectuer car, à notre connaissance, aucune expérience n'a rapporté de maximisation avec des poissons dans la procédure avec correction.

Enfin, pour ce qui est de la comparaison avec des résultats acquis avec des sujets animaux et humains, des exemples de surajustement ou de maximisation ont été rapportés beaucoup plus fréquemment avec

(1) Dans la procédure sans correction, après un choix incorrect, l'animal est retiré de l'appareil et un nouvel essai commence; dans la procédure avec correction, il peut rectifier son premier choix si celui-ci est incorrect, étant ainsi finalement récompensé à tous les essais.

des mammifères subhumains. Mais le problème soulevé précédemment à propos des poissons et des rats subsiste ici également : les procédures employées sont-elles bien comparables ? (OVERALL et BROWN, 1959).

VI. — Probabilité de réponse et estimation de la probabilité des issues

1. *Une nouvelle variable dépendante.*

Nous avons vu précédemment qu'on a fait appel à des sujets incapables de compter, très jeunes enfants et animaux, ou à des procédures suffisamment contraignantes pour exclure une telle possibilité avec des sujets humains. L'évolution de la probabilité de réponse ne peut donc être attribuée à une activité de ce type. On peut se demander toutefois si des sujets humains sont capables, par d'autres mécanismes, d'estimer la fréquence des issues avec une approximation satisfaisante. Dans l'affirmative, on pourrait considérer ce phénomène comme une variable intermédiaire permettant de rendre compte de l'évolution de la probabilité de réponse, en supposant par exemple que les sujets prédisent d'autant plus souvent une issue que sa fréquence paraît plus grande. En outre, une éventuelle capacité de discerner et de traduire verbalement certains caractères de la série des issues peut permettre aux sujets de se référer à leur propre représentation d'une série aléatoire pour émettre leurs réponses (Cf. III-VIII-2).

2. *Résultats antérieurs : moyennes interindividuelles.*

Dans les expériences que nous allons citer, les procédures utilisées pour obtenir des estimations peuvent être distinguées conformément aux trois facteurs suivants :

— estimation de la probabilité des issues, ou estimation de la certitude de la réponse émise : formellement, il revient au même d'estimer que $p(i_1) = 6/10$, ou d'estimer que la réponse r_1 a six chances sur dix d'être exacte;

— estimation chiffrée (pourcentagee, proportion, probabilité) ou estimation sur une échelle en n catégories, généralement en 11 catégories;

— estimations requises essai par essai (et portant sur la probabilité à l'essai considéré), ou par blocs d'essais (et portant alors sur la probabilité moyenne).

a) *Moyenne interindividuelle des estimations pour l'ensemble de la série.*

NEIMARK et SHUFORD (1959) observent que la moyenne interindividuelle des estimations de π_1 est légèrement inférieure à p_1 . Un résultat analogue est obtenu par PETERSON et ULEHLA (1964) avec une situation-stimulus variable, et des probabilités des issues conditionnelles sur le stimulus. PARDUCCI (1957), ANDERSON et WALEN (1960) observent des résultats différents puisqu'ils obtiennent une quasi-égalité entre probabilité de réponse et probabilité estimée au niveau interindividuel ⁽¹⁾.

b) *Moyenne interindividuelle des estimations essai par essai.*

L'analyse est plus fine si on compare essai par essai la probabilité estimée et la probabilité de réponse. ANDERSON et WHALEN (1960) et FLAMENT (1963) observent alors un parallélisme très étroit entre les deux courbes. En particulier, les effets de récence (ces effets seront définis au chapitre suivant) observés au niveau des réponses correspondent à des variations similaires au niveau des estimations.

3. *Au niveau individuel : l'expérience I.*

La possibilité d'estimer la probabilité des issues étant établie, il est intéressant de savoir quelle relation existe entre estimation et probabilité de réponse, et tout d'abord s'il existe une liaison stochastique entre ces deux variables (deux variables peuvent se distribuer autour d'une même moyenne sans être corrélée). L'introduction dans le plan d'expérience d'un facteur connu pour affecter la probabilité de réponse peut permettre de mieux cerner la nature de cette relation.

a) *la procédure expérimentale.*

On a constitué une série aléatoire simple de 180 essais, avec deux éventualités, $\pi_1 = 2/3$ et $\pi_2 = 1/3$. (La même série ayant été utilisée dans l'expérience II, des précisions supplémentaires seront apportées au paragraphe III-VIII-4). Ayant attribué la voyelle « a » à l'éventualité majoritaire, et « i » à l'éventualité minoritaire, cette série a été enregistrée sur une bande magnétique à raison d'une voyelle toutes les 5 secondes.

(1) Dans une situation radicalement différente, ATTNEAVE (1959) observe que la fréquence estimée des lettres dans la langue anglaise est une fonction puissance des fréquences réelles : on sous-estime la fréquence des lettres ayant une fréquence élevée et on surestime celles des lettres ayant une fréquence très faible.

Cette série fut présentée auditivement aux sujets, leur tâche étant de prévoir, essai par essai, la voyelle suivante de la liste. Aucun signal préparatoire ne marquait le début d'un essai, chacune des voyelles de la série assumant la double fonction d'issue pour l'essai en cours, et de signal préparatoire pour l'essai suivant. Il était demandé de faire, sur l'ensemble de la série, le plus grand nombre possible de prédictions exactes.

A la fin de l'expérience, on a demandé à tous les sujets d'estimer la fréquence des deux voyelles dans la série, sous une forme laissée à leur discrétion (fraction, pourcentage, probabilité), étant précisé que la somme devait être égale à 1 ou 100 suivant le cas.

La passation fut collective, les sujets inscrivant leurs réponses sur une fiche mécanographique en utilisant un système de caches dont la fonction était de masquer leurs réponses antérieures.

Les sujets ont été répartis entre les conditions I et NI, qui diffèrent par l'information apportée par les consignes :

— Les sujets de la condition I furent informés que la série avait été constituée par une succession de tirages avec remise dans une urne dont la composition n'était pas spécifiée.

— Les sujets de la condition NI n'ont reçu aucune information sur le mécanisme qui a engendré la série.

Les sujets furent des étudiants volontaires de première année de Psychologie.

b) Résultats.

Les résultats obtenus sont rapportés dans le tableau II-3.

On constate que :

— la moyenne des estimations de π_1 est supérieure à la fréquence moyenne des prédictions r_1 dans les deux groupes, contrairement à certains résultats rapportés sous II-VI-2a;

— la dispersion des estimations de π_1 est nettement inférieure à la dispersion des fréquences de réponse dans les deux groupes;

— il existe une liaison modérée entre les estimations de π_1 et les fréquences de réponses, de même valeur dans les deux groupes;

— l'information apportée sur le caractère aléatoire de la série entraîne une élévation de la fréquence moyenne de réponse, conformément à certains résultats antérieurs (Cf. II-IV-1), et un effet presque identique pour les estimations de π_1 .

TABLEAU II-3

Résultats de l'expérience I au dernier bloc (essais 145-180)

	NI (sans information) $n = 26$	I (avec information) $n = 56$	Test de signification
% moyen de r_1	61,3	66,1	$t = 2,13$ S à 0,05 (test bilatéral)
écart-type	10,44	11,47	
moyenne des estimations de π_1 en %	66,4	70,2	$t = 2,13$ S à 0,05 (test bilatéral)
écart-type	7,55	7,61	
Corrélation entre estimation et % de réponse r_1 (r de Bravais-Pearson)	0,487	0,495	Homogénéité NS

Les deux derniers résultats mentionnés sont cohérents entre eux, et rendent peu vraisemblable l'hypothèse qu'aux deux variables dépendantes de l'expérience correspondent deux mécanismes indépendants entre eux. Cependant, les résultats ne permettent pas de trancher entre deux interprétations possibles sur la nature de cette liaison, soit que p_1 dépende de l'estimation de π_1 , soit au contraire que l'estimation de π_1 soit contaminée par la fréquence des réponses émises.

4. Remarques finales.

Tous les résultats interindividuels cités dans des situations où on observe un ajustement ou une conduite proche de l'ajustement font apparaître une correspondance entre la moyenne des estimations de π_1 et la moyenne des p_1 tant au niveau moléculaire de chaque essai qu'au niveau d'un bloc d'essais. Cependant, la liaison entre ces deux variables est loin d'être étroite comme en témoignent les coefficients de corrélation rapportés dans l'expérience I: il n'y a pas lieu de s'étonner qu'une même estimation soit compatible avec des conduites diverses, ni que la conduite des sujets ne soit pas indépendante des estimations demandées par l'expérimentateur.

Dans ces conditions, que peut signifier l'expression « apprentissage de probabilités » ? On peut lui attribuer trois sens, selon qu'on se réfère :

- aux estimations de la probabilité des diverses issues effectuées par les sujets,
- aux probabilités moyennes de réponse,
- à des mécanismes hypothétiques de réponse reposant par exemple sur une discrimination de la fréquence des différentes issues permettant au sujet de répartir ses réponses selon certaines proportions.

Cette multiplicité de sens possibles nous paraît recommander un emploi très circonspect de cette expression. En particulier le troisième sens risque de conduire à préjuger de la réponse à apporter à certains problèmes si on perd de vue qu'il se réfère à des mécanismes hypothétiques. Il est vraisemblable que la mise en évidence de l'ajustement dans de nombreuses expériences a favorisé la généralisation de son emploi.

VII. — Conclusions

L'ajustement paraît, en première approximation, un phénomène qui caractérise le comportement de sujets humains dans les expériences usuelles de prédiction en situation aléatoire. Pouvoir relier aussi simplement la probabilité finale des diverses réponses à leur probabilité respective de renforcement, lorsque la somme de ces dernières est égale à l'unité, est un résultat dont l'intérêt est considérable pour une théorie de l'apprentissage, intérêt qu'ont bien discerné les auteurs de modèles mathématiques.

Cependant, nous avons insisté davantage sur les facteurs susceptibles de mettre en échec cette relation simple : le nombre d'essais, les instructions, le nombre d'éventualités, une récompense matérielle, l'âge... Le tableau devient ainsi plus complexe, puisque si l'emploi de la stratégie optimale demeure tout à fait exceptionnel avec des sujets humains, l'ajustement n'est cependant pas la règle générale. La règle, si règle il y a, est-elle à rechercher du côté du surajustement, comme le suggèrent les expériences comportant un nombre élevé d'essais ? Il convient de ne point se montrer trop catégorique, même en ce qui concerne les expériences de prédiction simple, par suite du nombre élevé de facteurs déjà identifiés ayant une incidence sur la probabilité de réponse.

L'absence d'une relation simple laisse soupçonner la complexité des mécanismes sous-jacents.

Quoiqu'il en soit, il est évident que quelque chose a été appris puisque le choix le plus favorable est effectué plus fréquemment. La question de savoir ce qui a été appris, de même que la question du mécanisme de cet apprentissage, sont désormais posées. Une réponse hâtive risque de véhiculer des difficultés dont il sera malaisé de se défaire ultérieurement. Ainsi, le présent chapitre contient des informations fragmentaires (incidence des différents intervalles temporels, ou de la valeur de l'agent renforçateur) qui montrent les difficultés d'une réduction mécaniste de la conduite observée à un apprentissage simple de type S-R, à un « conditionnement verbal » selon la terminologie de HUMPHREYS. C'est pourquoi nous serons soucieux d'avancer pas à pas, en recherchant au chapitre III les critères de décision utilisés par les sujets plutôt que d'assimiler de façon abrupte le stimulus « effectif » intervenant dans le choix des sujets au stimulus « nominal » auquel se réfère le psychologue dans la description de la situation expérimentale. Nous évoquerons à nouveau le problème du mécanisme de l'apprentissage au chapitre IV en fonction de l'information acquise dans les expériences de prédiction simple, avant d'élargir cette information, dans la deuxième partie de ce travail, par l'utilisation de règles aléatoires complexes de présentation des issues.

CHAPITRE III

LES EFFETS SÉQUENTIELS

I. — Objet du présent chapitre

Nous avons noté au chapitre précédent l'apparition progressive d'une correspondance plus ou moins rigoureuse entre la fréquence des diverses réponses prédictives et la fréquence d'occurrence des issues correspondantes. Si nous prenons en considération les sujets qui ajustent, on peut se demander comment se répartissent chez chacun de ceux-ci les diverses réponses. On peut concevoir en effet de multiples mécanismes susceptibles d'aboutir à l'égalité $p_1 = \pi_1$. Pour n'en citer que deux parmi les plus simples : prédire i_1 après chaque occurrence de i_1 , et i_2 après chaque occurrence de i_2 ; ou bien, choisir ses réponses en effectuant des tirages au sort successifs dans une urne dont la composition serait semblable à celle de l'urne utilisée par l'expérimentateur pour engendrer la série des issues.

Pour mieux cerner le mécanisme de réponse, nous serons donc conduits à procéder à une analyse plus fine des résultats, qui sera centrée sur l'étude des effets séquentiels, c'est-à-dire des variations de la probabilité de réponse à l'essai n en fonction des événements expérimentaux (réponses ou issues) survenus antérieurement à cet essai. Et parmi l'ensemble très vaste des suites d'événements suscitant des effets séquentiels, nous serons amenés tout d'abord à privilégier les suites constituées par plusieurs apparitions consécutives d'une même issue : celles-ci sont associées à un effet particulier, l'effet de récence, qui a provoqué le plus de recherches et de discussions. Ce faisant, nous ne perdrons pas de vue qu'il existe de nombreux autres effets séquen-

tiels dont un grand nombre n'ont pas été isolés. L'information ainsi acquise nous permettra d'être mieux armé pour apporter des éléments de réponse aux problèmes soulevés à la fin du chapitre II.

Sauf spécification contraire, les résultats rapportés dans le présent chapitre ont été obtenus avec la procédure de prédiction simple et avec une règle de présentation des issues aléatoire simple.

II. — L'expérience princesps de Jarvik

1. *L'expérience de Jarvik.*

Une expérience réalisée par JARVIK donne lieu à une courte note en 1946, puis à un article détaillé en 1951. Son originalité réside dans le mode d'analyse des réponses. Envisageant la situation dans la perspective fonctionnaliste de BRUNSWICK, il se demande si les issues présentées antérieurement sont utilisées par les sujets comme indices pour leurs prédictions. Il est amené à analyser la probabilité de la réponse à chaque essai en fonction du nombre k d'issues identiques apparues en consécution immédiatement avant cet essai. Pour cela, on distingue plusieurs catégories d'essais : ceux où un seul i_1 est apparu immédiatement avant l'essai n (soit la suite $i_{2,n-2}, i_{1,n-1}$), ou bien ceux où deux i_1 sont apparus (soit la suite $i_{2,n-3}, i_{1,n-2}, i_{1,n-1}$), ou bien trois, quatre, etc... Puis on calcule la fréquence moyenne de r_1 isolément pour chaque catégorie d'essais : c'est donc une probabilité conditionnelle de réponse dont l'ordre n'est pas constant.

Il constate ainsi qu'après une seule occurrence de i_1 , la probabilité de r_1 augmente, puis qu'elle diminue ensuite, et ce d'autant plus que k est plus élevé. La croissance initiale de la courbe représentative de la relation entre p_1 et k a été appelée effet positif de récence; sa décroissance ultérieure lorsque k croît, effet négatif de récence.

2. *Incidence historique de cette expérience.*

C'est l'effet négatif de récence qui a surtout retenu l'attention. Il pouvait être rapproché d'un phénomène observé en dehors du laboratoire, connu sous le nom de « sophisme du joueur », consistant à parier sur une autre éventualité, lorsqu'une éventualité déterminée est apparue

à plusieurs reprises consécutives. Surtout, ce résultat soulevait de nouveaux problèmes, pour deux raisons :

— Tout comme l'ajustement, il peut être dit en un sens « non rationnel ». En effet, dans une série aléatoire simple, la probabilité d'apparition d'un élément est constante tout au long de la série; elle est en particulier indépendante des éléments précédemment apparus dans la série. Or, les sujets se comportent comme s'ils escomptaient des variations locales des probabilités.

— Il contredit un des axiomes fondamentaux des théories dominantes de l'apprentissage, à savoir l'accroissement de la probabilité de réponse avec l'accroissement du nombre de renforcements administrés.

Ces diverses raisons devaient conduire à une multiplication des recherches, tout comme la mise en évidence de la loi de l'ajustement. La première question soulevée est de savoir si ce phénomène est général, ou s'il est lié à certaines particularités de la procédure expérimentale de JARVIK.

III. — Quelques problèmes méthodologiques

1. Terminologie.

Etant donné une série composée de deux types d'éléments, 0 et 1, nous appellerons :

— *suite*, toute succession de k éléments, transcrits dans l'ordre temporel. Par exemple : 10101, 10010, 111, 0111, 01110, ...

— *suite homogène*, toute suite de k éléments identiques. Par exemple : 111, 1, 0000, ...

— *file*, toute suite de k éléments identiques, précédée par un élément non identique à ceux-ci. Par exemple : 0111, 10, 1000, ... Une file est bornée à son début. Une file de k éléments sera dite ouverte ou fermée selon la nature de l'élément suivant $k + 1$.

— *file fermée*, toute suite de k éléments identiques, précédée et suivie par un élément non identique. Par exemple : 01110, 101, 10001, ... Une file fermée ⁽¹⁾ est bornée à ses deux extrémités.

(1) File fermée correspond au terme anglais « run ».

Ainsi la suite : 1000110000101... comporte :

— si on compte les files fermées constituées par des 0 : 1 pour $k = 1$, 0 pour $k = 2$, 1 pour $k = 3$, 1 pour $k = 4$.

— si on compte les files constituées par des 0 : 3 pour $k = 1$, 2 pour $k = 2$, 2 pour $k = 3$, 1 pour $k = 4$.

(Toute file fermée de longueur k contient une file de longueur $k - 1$, une de longueur $k - 2$, ..., et une de longueur $k - (k - 1) = 1$.

— si on compte les suites homogènes constituées par des 0 : 8 pour $k = 1$, 5 pour $k = 2$, 3 pour $k = 3$, 1 pour $k = 4$.

(Toute file fermée de longueur k se décompose en une suite homogène de longueur k , deux de longueur $k - 1$, trois de longueur $k - 2$, ..., k de longueur $k - (k - 1) = 1$).

Ces définitions demeurent valables lorsque la série comprend plus de deux types d'éléments.

2. *Un problème délicat : indépendance des événements et fréquence des files fermées d'événements.*

Considérons un mécanisme aléatoire simple, par exemple une urne contenant des billes blanches dans la proportion π_1 et des billes rouges dans la proportion $1 - \pi_1$ et dans laquelle on effectue N tirages successifs, N étant supposé très grand. On peut accepter sans trop de difficulté que la probabilité d'extraire une bille blanche ou rouge lors d'un tirage quelconque dépend de la composition de l'urne, et non du résultat des tirages précédents, à condition bien sûr que certaines précautions opératoires soient bien prises (après chaque tirage, remise dans l'urne de la bille extraite, brassage avant chaque nouveau tirage). Les N résultats des N tirages ayant été enregistrés, on compte le nombre de files fermées de longueur $k = 1$, $k = 2$, etc..., de façon à constituer la distribution des effectifs correspondants. Quelle sera l'allure de cette distribution ?

On peut démontrer ⁽¹⁾ (en supposant le nombre N de tirages assez grand) que l'espérance mathématique du nombre de files fermées de k bleus (k étant fixé) est égale à :

$$N(1 - \pi_1)^2 \pi_1^k \quad (1)$$

où $\pi_1 = p(B)$ est la probabilité d'extraire une bille bleue, et que

(1) Je dois cette démonstration à l'obligeance de H. ROUANET.

l'espérance du nombre total de files fermées, pour toutes les valeurs possibles de k , est égale à :

$$N(1 - \pi_1) \pi_1 \quad (2)$$

Si nous effectuons le calcul indiqué par (1), pour $N = 1024$, une première fois avec $\pi_1 = 1/2$, une deuxième fois avec $\pi_1 = 2/3$, nous obtenons les résultats (partiels) consignés dans le tableau suivant :

TABLEAU III-1
*Calcul des espérances mathématiques
du nombre de files fermées comportant k billes bleues*

k	$p(B) = \pi_1 = 1/2$	$p(B) = \pi_1 = 2/3$
	E (nombre de files fermées de kB)	E (nombre de files fermées de kB)
1	128	75,84
2	64	50,56
3	32	33,71
4	16	22,47
5	8	14,98
6	4	9,99
7	2	6,66
8	1	4,44
9	0,5	2,96
10	0,25	1,97
11	0,125	1,32
12	0,0625	0,88

Certaines propriétés de la fonction correspondant à l'expression (1) sont également visibles dans ce tableau :

1) La décroissance des espérances s'effectue selon un rapport constant, égal à π_1 .

L'espérance du nombre de files fermées de $k + 1$ bleus est égale à l'espérance, multipliée par π_1 , du nombre de file fermées de k bleus. La décroissance des espérances est donc d'autant plus lente que π_1 est plus élevé (ceci est dû au fait que l'espérance est une fonction exponentielle de π_1).

2) Si grand soit k , l'espérance du nombre de files fermées de kB n'est jamais nulle. Il en résulte que le total des espérances porté dans

la 2^e ou la 3^e colonne du tableau n'est pas égal à l'espérance du nombre total de files fermées calculé par la formule (2). Ainsi, pour $\pi_1 = 0,50$ et pour $1 \leq k \leq 8$, le total des espérances est égal à 255, alors que l'espérance du nombre total de files fermées, obtenu par la formule (2) est 256; la différence d'une unité est due à ce que, pour $k > 8$, la somme des espérances est égale à l'unité :

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} \dots = 1$$

Nous avons engendré la distribution des espérances à partir d'un mécanisme aléatoire connu (tirages indépendants dans une urne de composition invariante dite urne de BERNOUILLI); en particulier, nous savions (ou nous avons de bonnes raisons de le supposer) que $p(B) = \pi_1$ est indépendante du résultat des tirages précédents. Posons-nous le problème inverse : peut-on déterminer les caractères du mécanisme à partir de la distribution des files observées ? Cela est possible au moyen de tests statistiques (tests du caractère aléatoire d'une série), mais s'avère beaucoup plus difficile avec des critères subjectifs fondés sur l'intuition. Lorsqu'on expose à des étudiants en psychologie les règles d'extraction des billes, ils acceptent sans manifester trop de réticences l'indépendance des tirages successifs. Par contre, si on procède à des tirages effectifs, ou si on leur présente une distribution des effectifs des suites bloquées, des résistances se manifestent.

Une des difficultés rencontrées peut être mise en lumière sur le diagramme en arbre présenté ci-après (fig. III-1), qui reprend sous une autre forme les résultats de la 3^e colonne du tableau 1, avec $\pi_1 = 2/3$. Si la série se conforme aux espérances mathématiques, elle comprend au total 228 files fermées et, de ce fait, 228 files ouvertes de longueur 1 (correspondant au premier B de toutes les files fermées). Nous allons adopter une démarche artificielle, consistant à nous reporter aux 228 points de la série où apparaît le premier B d'une file. L'arbre ci-dessous permet de suivre ce qu'il advient si, après le tirage où survient le premier B d'une file, on procède à un deuxième tirage, à un troisième, etc. Ainsi, au deuxième tirage, le premier B sera suivi par un second B avec la probabilité π_1 , et par R avec la probabilité $1 - \pi_1$: si on tient compte des deux tirages, on peut escompter près de 76 files fermées BR, et près de 152 files ouvertes BB.

Sur un tel graphique, on peut faire apparaître de diverses façons qu'après une file de k B, la probabilité d'extraire B n'a pas varié au tirage suivant. Ainsi si on considère les 152 files BB issues du 2^e tirage, elles engendrent au tirage suivant deux fois plus de files BBB que de

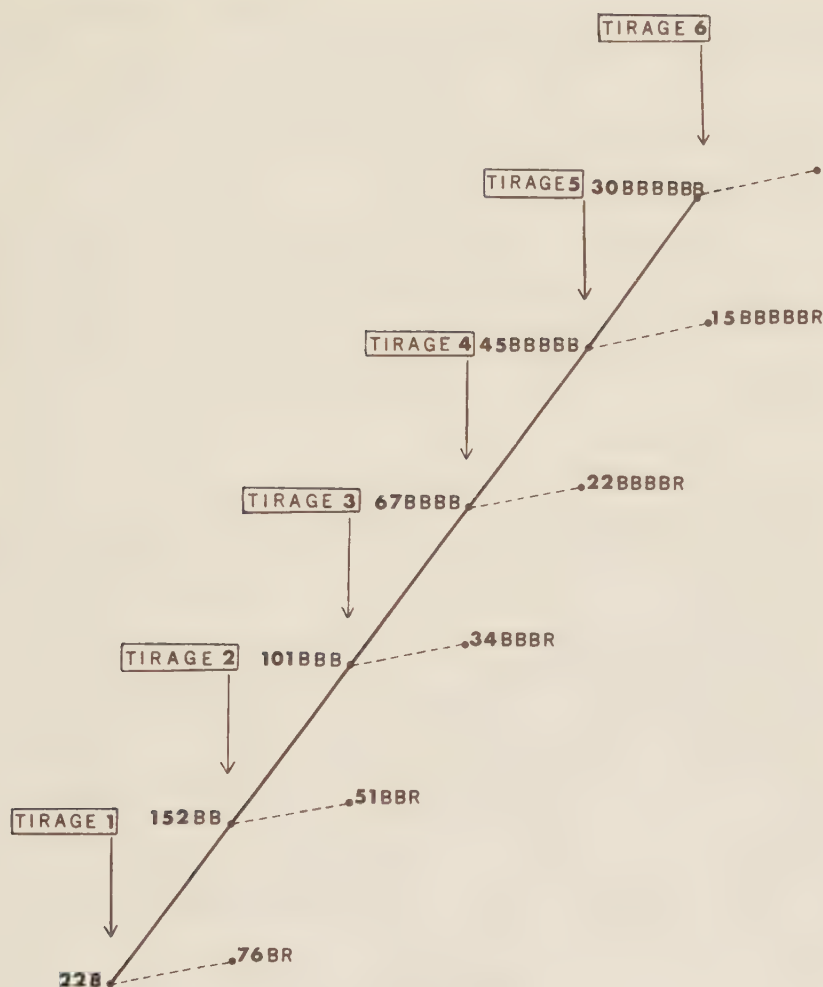


FIGURE III-1

Arbre représentant l'évolution en files ouvertes et fermées (conformément aux espérances mathématiques) des 228 files commençant par un Bleu lorsqu'on considère les résultats des tirages suivants en chacun de ces 228 points de la série.

files fermées BBR : 101 contre 51. On peut retrouver ce rapport lorsqu'on ne considère que des files fermées, en comparant le nombre de files fermées de deux B, avec le nombre total de files fermées de plus de deux B : d'une part 51, d'autre part $34 + 22 + 15 + \dots = 101$; ainsi on a moins de chances d'observer une file fermée de deux B seulement que des files fermées comportant un nombre supérieur de B.

ce qui correspond au fait qu'on a moins de chances d'obtenir R que d'obtenir B après une file de deux B. Par contre, si on considère seulement les files fermées BBR et BBBR (ou tout autre couple de files fermées), dont les effectifs sont respectivement de 51 et de 34, on peut être conduit à affirmer à tort qu'après deux B on a moins de chance d'obtenir à nouveau B que d'obtenir R.

On voit ainsi comment certaines mises en rapport sur des files fermées, qui omettent une partie des données, peuvent aboutir à des inférences erronées. Si nous avons insisté sur ce point, c'est parce qu'une telle argumentation fallacieuse est apparue très souvent lors de discussions avec nos étudiants, et qu'elle peut avoir une incidence, évoquée plus loin, sur les effets de récence.

3. *Le mode de constitution de la série.*

Les effectifs des files fermées pour diverses valeurs de k qui sont données dans le tableau III-1 sont des espérances mathématiques. On peut interpréter ces valeurs en disant que si nous constituons un grand nombre de séries avec 1024 tirages pour chacune, et si nous procédons au dénombrement des diverses files fermées observées dans chaque série, pour élaborer ainsi sur chacune d'elles la distribution des effectifs correspondants, la moyenne de ces distributions d'effectifs observés pour chaque valeur de k sera très proche de la valeur correspondante de la distribution des espérances. Cependant, si on considère une série isolée extraite d'une urne de BERNOULLI, la distribution observée peut manifester des écarts marqués avec la distribution des espérances. On peut ainsi, avec une même procédure et une urne de composition bien définie, construire des séries très différentes.

On peut, par des procédures systématiques, contraindre la série à se conduire conformément à la distribution des espérances. NICKS (1959) utilise une procédure dite d'« aléatorisation avec restrictions » qui sera reprise ultérieurement par d'autres auteurs. Dans un premier temps, il calcule pour N et π_1 fixés la distribution des espérances, comme nous l'avons fait précédemment. Ce qui lui permet de déterminer la distribution qu'il utilisera effectivement, en retenant toutes les valeurs supérieures à 0,5 et en arrondissant pour les décimales (il faut cependant donner quelques petits « coups de pouce » pour que le total des espérances soit égal à l'espérance du nombre total de files car la distribution a été amputée de toutes les espérances très faibles). Cette opération étant effectuée pour les files fermées de i_1 et i_2 , dans un deuxième

temps il procède à un tirage au sort exhaustif à partir de l'ensemble des files fermées ainsi constitué, en ayant soin d'alterner, lors du tirage, les files fermées de i_1 et de i_2 .

Outre les fluctuations aléatoires dans la distribution des effectifs des files fermées que nous venons d'évoquer, des écarts systématiques peuvent survenir par rapport à la distribution des espérances. Ainsi, une pratique courante consiste à construire une série de N essais en m blocs de n essais chacun, en procédant à m reprises à des tirages exhaustifs (sans remise) dans une urne contenant n billes. Cette pratique a pour but de minimiser les variations locales de π_1 dans la série et de réduire ainsi l'ampleur du phénomène de poursuite des probabilités précédemment décrit.

En pareil cas, à l'écart systématique dû à la procédure de tirage sans remise (faible si n est très grand), s'ajoute à un autre écart dû à ce que l'espérance du nombre de longues files fermées est moindre pour n que pour N . On réduit de ce fait la probabilité d'apparition des longues files fermées.

Ce facteur est vraisemblablement à l'origine d'un certain nombre d'effets négatifs de récence rapportés dans la littérature. C'est ainsi que, dans une expérience, JONES et MYERS (1966) appliquent à la série des issues elle-même la procédure utilisée pour l'analyse des effets de récence dans la conduite des sujets, c'est-à-dire qu'ils calculent la probabilité d'apparition de i_1 après une file fermée de 1, 2, ... k i_1 . Ils constatent un effet de récence exclusivement négatif sur les issues elles-mêmes chaque fois que la série a été construite par petits blocs successifs. La probabilité d'une issue n'est donc pas dans une telle série indépendante des issues précédentes. Lorsque la série est constituée à partir d'un bloc unique, le nombre total d'essais demeurant constant, la même analyse fait apparaître seulement quelques irrégularités, sans tendance systématique. Ainsi, les effets négatifs de récence observés chez les sujets, loin d'être nécessairement en contradiction avec la structure séquentielle de la série, peuvent au contraire refléter celle-ci dans certains cas. Ce qui hypothèque les conclusions de plus d'une expérience.

4. La représentation graphique.

L'effet de récence est le plus souvent présenté graphiquement dans la littérature. Il est d'usage lorsqu'on ne mentionne qu'une seule courbe,

de donner celle qui correspond à l'issue majoritaire (les files sont plus nombreuses et plus longues).

Chaque point de la courbe correspond à la probabilité moyenne de r_1 après toutes les files comportant 1, 2, ... k i_1 , ce que nous conviendrons d'écrire ⁽¹⁾ :

$$p(r_1 | k = 1), p(r_1 | k = 2), \text{ etc. } \dots$$

Il importe de ne pas oublier que, pour des valeurs élevées de k , les points de la courbe comportent une plus grande incertitude car les longues files sont moins fréquentes dans la série que les files brèves.

Il est usuel de porter un point pour $k = 0$. Pour cela, il existe deux modes de détermination, non équivalents :

— l'un consiste à calculer $p(r_1 | k = 0)$ à partir des essais où apparaît le premier i_1 des diverses files fermées de i_1 (donc après les essais où est apparu le dernier i_2 d'une file fermée de i_2);

— l'autre consiste à calculer $p(r_1 | k = 0)$ à partir de tous les essais non précédés par i_1 (c'est-à-dire à partir des essais intervenant en un point quelconque d'une file fermée de i_2 , exception faite de l'essai où apparaît le premier i_2 ⁽²⁾).

IV. — Variables ayant une incidence sur l'effet de récence

1. En fonction de π_1 .

Lorsque $\pi_1 = 0,50$, l'effet initial positif de récence est très limité : le maximum de la courbe apparaît pour $k = 1$ (NICKS, 1959) ou $k = 2$ (ANDERSON et WHALEN, 1960), l'effet négatif survenant aussitôt après de façon marquée. Lorsque π_1 s'accroît pour se rapprocher de l'unité, le maximum se manifeste pour une valeur de k plus élevée, l'effet négatif étant plus tardif et sa pente plus faible. Ainsi, dans l'expérience déjà citée d'ANDERSON et WHALEN, pour $\pi_1 = 0,80$, et pour les essais 51-150, l'effet négatif n'apparaît qu'après $k = 6$. Les résultats convergent pour indiquer que l'effet négatif est d'autant plus faible qu'une

(1) Au lieu de :

$$p(r_1 | i_{2, n-2}, i_{1, n-1}) : p(r_1 | i_{2, n-3}, i_{1, n-2}, i_{1, n-1})$$

(2) En pareil cas, $p(r_1 | k = 0)$ est rigoureusement équivalent à $p(r_{1, n} | i_{2, n-2})$.

issue est plus nettement majoritaire (ce qui correspond à un accroissement de la fréquence des files de longueur élevée pour l'issue majoritaire).

2. En fonction du nombre d'essais.

Les séries de JARVIK ne comportaient que 83 essais. Ultérieurement, on utilisera des séries plus longues, ce qui autorise une analyse par blocs successifs permettant de suivre l'évolution des effets de récence avec la prolongation de l'exercice. Avec des séries de longueur moyenne (200 à 400 essais), on observe au cours de l'expérience un déplacement du maximum de la courbe vers des valeurs de k plus élevées, la phase initiale avec effet de récence positif devenant plus marquée, tandis que l'effet négatif se manifeste seulement pour des files plus longues et avec une pente plus faible (NICKS, 1959; ANDERSON et WHALEN, 1960; LINDMAN et EDWARDS, 1961; FLAMENT, 1963). EDWARDS, avec 1 000 essais (1961), et plusieurs valeurs de π_1 , constate que l'effet négatif ne se manifeste que pendant les premières centaines d'essais, pour se résorber

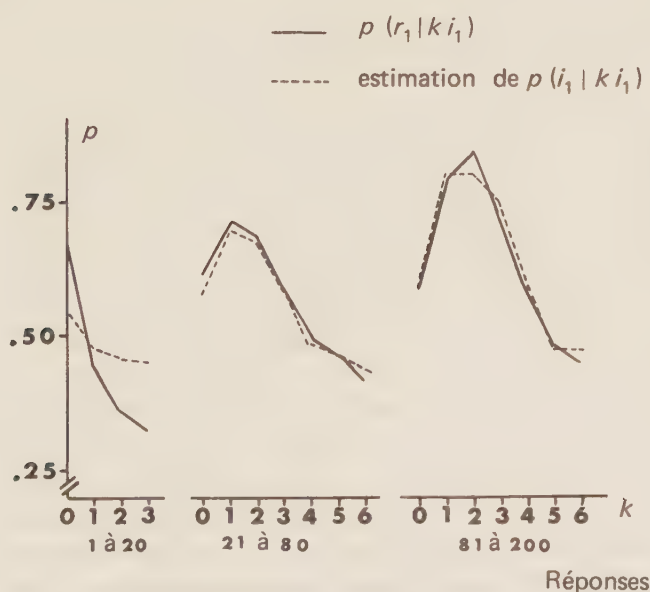


FIGURE III-2

Evolution de l'effet de récence au cours de l'expérience (traits gras) et de l'estimation de la probabilité de i_1 après k occurrences de i_1 (traits pointillés).

(d'après FLAMENT, 1963, fig. 3).

au terme de l'apprentissage en un effet de récence nul ou positif. DERKS (1962), avec 1 000 essais également et $\pi_1 = 0,75$, observe la courbe habituelle dans le premier quart, avec un maximum pour $k = 2$. Dans le deuxième et troisième quarts, une fonction négativement accélérée permet d'ajuster les différents points : un plateau s'est substitué à la partie décroissante de la courbe; dans le dernier quart, l'effet positif initial disparaît aussi, et la pente est approximativement nulle. FRIEDMAN et coll. (1963) n'observent aucun effet négatif avec des sujets ayant reçu un entraînement intensif. La figure III-2, empruntée à FLAMENT (1963), fournit un exemple de la modification des effets de récence avec la prolongation de l'exercice.

3. *En fonction de l'information et de la procédure.*

GREEN (1958) et DALE (1965, 1966) constatent un effet de récence exclusivement positif dans des tâches très différentes de la procédure classique et pouvant être perçues par le sujet comme impliquant la recherche d'une règle.

Certains auteurs, au lieu de présenter une série programmée à l'avance par l'expérimentateur selon une procédure inconnue des sujets, font intervenir un mécanisme aléatoire qui engendre les issues en présence des sujets. Ainsi, WINEFIELD (1966) extrait à chaque essai une carte d'un paquet de 200 cartes rouges ou noires. Le plan factoriel 2×2 définit 4 conditions expérimentales, les deux facteurs binaires étant d'une part la procédure de tirage, avec remise ou avec tirages exhaustifs, d'autre part la communication aux sujets ou la non communication de la proportion des cartes de chaque couleur dans le paquet. Une analyse de variance est effectuée sur un « score de récence » élaboré par l'auteur : seul le premier facteur est significatif, les groupes avec remise ne présentant pas ou peu d'effet de récence. (Cependant, les graphiques peuvent faire apparaître éventuellement des effets séquentiels qui ne sont pas pris en compte par le score utilisé).

D'autres auteurs ont procédé de façon analogue, en adjoignant aux groupes expérimentaux un groupe contrôle auquel on présente des séries programmées à l'avance, qui sont en fait les mêmes que celles engendrées devant les sujets des groupes expérimentaux. Malheureusement, ils n'ont pas effectué d'analyse séquentielle de leurs données. Nous signalerons cependant deux expériences où on fit intervenir des entretiens post-expérimentaux des sujets : tous les sujets de MORSE et RUN-

QUIST (1960), qu'ils appartiennent au groupe expérimental ou au groupe contrôle, rapportent avoir recherché des « patterns » dans la série, et 75 des 128 sujets des quatre groupes expérimentaux de NIES (1962) font de même.

4. *En fonction de la distribution des effectifs des files fermées.*

a) Nous avons vu précédemment (III-III-2) que certains auteurs ont construit des séries de telle façon que la distribution des effectifs observés des différentes files fermées soit la meilleure approximation possible de la distribution des espérances. Ces mêmes auteurs, ou d'autres, ont aussi *volontairement* construit des séries présentent des écarts systématiques par rapport aux espérances; par exemple, des séries où la fréquence des longues files fermées est plus élevée (ou moins élevée) que celle stipulée par le calcul. En introduisant ces écarts, ils ont pris soin de maintenir constante la probabilité moyenne des différentes issues. Ce faisant, ils ont rendu markoviennes les séries ainsi constituées : les probabilités conditionnelles sont distinctes des probabilités moyennes. Par exemple, $p(i_{1,n} | i_{1,n-1})$, c'est-à-dire la probabilité d'observer i_1 après i_1 , est supérieure à π_1 , ce qui engendre plus de longues files de i_1 et complémentirement moins de files brèves que n'en comporte une série aléatoire simple.

DERKS (1963) construit trois séries avec $\pi_1 = 0,75$, en spécifiant pour chacune la fréquence de diverses files fermées; aucune de ces séries ne contient une répartition des files fermées conforme à la distribution des espérances pour cette valeur de π_1 dans une série aléatoire simple. La série ne comportant que des files fermées brèves ($1 \leq k \leq 5$) donne un effet exclusivement négatif, tandis que les deux autres donnent un effet exclusivement positif à partir du centième essai.

b) Une autre façon de procéder pour manipuler volontairement (ou non) la distribution des effectifs observés réside dans le mode de construction de la série, en m blocs de n essais. On a vu que cette procédure réduit la fréquence de longues suites, et par contrecoup augmente celle des suites brèves.

FELDMAN (1959) ne trouve aucun effet négatif dans une série de 200 essais où $\pi_1 = 0,70$ constituée en une seule opération (et non par blocs successifs) avec une distribution de la fréquence des diverses files fermées conforme à celle stipulée par le calcul. Par contre, NICKS (1959), dans une série construite de façon analogue pour $\pi_1 = 0,50$,

observe un effet négatif, mais distinct cependant de l'effet négatif obtenu avec une série où l'on a introduit des écarts systématiques dans la distribution des fréquences des files fermées par rapport à la distribution des espérances. JONES et MYERS (1966) trouvent également un effet négatif marqué dans les groupes où la série a été constituée à partir de 15 blocs successifs de 20 essais et un effet faible ou nul dans les groupes où la série est construite en un seul bloc de 300 essais (le nombre effectif de files fermées ayant été déterminé par la procédure de Nicks mentionnée en III-III-2, pour $N = 20$ dans le premier cas et $N = 300$ dans le second).

V. — Etudes comparatives

1. *Les études génétiques.*

Divers auteurs ont signalé chez les enfants un effet négatif de récence moins marqué que chez les adultes. Le fait capital à souligner est l'absence d'effets négatifs chez des enfants d'âge préscolaire, pour lesquels on observe soit un effet nul, soit un effet positif (BOGARTZ, 1965; DERKS et PACLISANU, 1967). Ces études comportant un nombre restreint d'essais (150 et 210 dans la première, 200 dans la seconde), le phénomène observé ici n'est pas attribuable au rôle précédemment rapporté d'un nombre élevé d'essais : il ne s'agit point d'une disparition, mais d'une non-apparition de l'effet négatif.

2. *Les études animales.*

Dans peu d'études, les effets séquentiels sont analysés en termes d'effet de récence (le nombre d'essais administrés chaque jour étant généralement très restreint par suite de contraintes matérielles, une courbe de récence ne peut comporter que des valeurs correspondant à des suites très brèves). Chez le rat, OVERALL et BROWN (1959), avec un labyrinthe en T, font état d'un effet exclusivement positif, tandis que KARSH et SUPPES (1964), avec une procédure complexe, ne trouvent aucune indication d'effet négatif, et n'observent plus aucune incidence sur la probabilité de réponse pour des événements survenus au-delà des deux essais immédiatement antérieurs.

Notons cependant qu'un problème classiquement étudié relève de l'étude des effets séquentiels, à savoir si le comportement des rats témoigne d'une tendance à alterner les réponses ou au contraire à persévérer (DASHIEL et BAYROFF, 1931). Des résultats non concordants ont été obtenus, dont une hypothèse de STILL (1960, a, b) pourrait bien rendre compte : l'alternance apparaîtrait initialement comme une manifestation de la conduite d'exploration et disparaîtrait ensuite lorsque le labyrinthe est bien exploré.

VI. — Autres effets séquentiels liés aux issues antécédentes

L'étude des effets de récence ne concerne que les variations de la probabilité de réponse après des files d'issues. D'autres suites d'issues réalisant des configurations plus complexes que la simple répétition peuvent-elles entraîner également des effets séquentiels ? Deux procédures d'analyse des résultats ont été utilisées pour répondre à cette question.

1. *Le calcul de l'information transmise.*

On calcule l'incertitude liée à la réponse du sujet, connaissant 0, 1, 2 ... issues antécédentes, conformément aux axiomes de la théorie de l'information. Cette procédure a été utilisée pour la première fois par HAKE et HYMAN (1953) pour 0, 1 ou 2 issues ou/et réponses antécédentes; ils observent que l'incertitude moyenne quant à la réponse du sujet est réduite si on fait intervenir l'issue survenue ou/et la réponse émise lors de l'essai précédent ou des deux essais précédents. Cette réduction est faible dans une série où $\pi_1 = 0,50$, plus importante lorsque $\pi_1 = 0,75$ (la réduction de l'incertitude étant surtout notable dans deux séries markoviennes). La réduction de l'incertitude apportée par la connaissance des issues précédentes seules est plus importante que la réduction due à la connaissance des réponses précédentes seules. Ce qui implique que les prédictions du sujet sont beaucoup plus déterminées par les issues antérieures que par les réponses antérieures (10 étudiants par groupe, analyse sur les essais 121-240). Il est intéressant de noter que, dans cette expérience, l'incertitude sur la réponse,

connaissant les issues ou/et les réponses des sujets, est moindre que l'incertitude sur la série d'issue elle-même, qui demeure sensiblement constante dans les deux séries non markoviennes lorsqu'on considère 0, 1 ou 2 antécédents; en d'autres termes, il est plus aisé de prédire le comportement des sujets que celui de la série. EDWARDS (1961) procède de façon analogue, en englobant non plus seulement les deux essais antérieurs mais trois, et parvient aux mêmes conclusions.

Une des limitations inhérentes à cette procédure pour l'étude des effets séquentiels est qu'elle traite l'extension des effets séquentiels sans tenir compte du rôle de la configuration particulière réalisée par des suites de même extension.

2. *Analyse systématique.*

On calcule la probabilité de réponse pour toutes les suites distinctes de k issues antécédentes; on peut aisément déterminer ensuite par des comparaisons si une modification définie dans la configuration de la suite a une incidence sur la variable analysée.

Ainsi NICKS (1959) considère tous les différents types de suites de 2, 3 ou 4 issues, ce qui permet de faire apparaître que la quatrième issue antécédente i_{n-4} (les trois suivantes i_{n-3} , i_{n-2} , i_{n-1} étant constantes) peut avoir une incidence sur la réponse. Mais l'incidence du quatrième antécédent est variable suivant la configuration considérée: la différence entre les probabilités de réponses après les suites GGGG et RGGG est la plus élevée, 0,11, tandis que la différence la plus importante est ensuite 0,04 entre les suites GGRG et RGRG, puis 0,02, et enfin nulle pour d'autres couples de suites. Ainsi, suivant la configuration réalisée par les antécédents, les sujets font intervenir dans leurs réponses des événements plus ou moins éloignés. MATALON (1959) tient compte dans son analyse des diverses suites de trois issues antécédentes avec des enfants de 5 à 8 ans. ANDERSON (1960), en utilisant des séries markoviennes, conclut également que les sujets peuvent répondre de façon différentielle à l'issue survenue 4 ou 5 essais auparavant.

L'utilisation de l'analyse systématique peut permettre d'isoler des effets particuliers dans la masse des effets séquentiels venant prendre place à côté des effets de récence. Ainsi, ANDERSON (1960, 1964) a relevé chez ses sujets une tendance, après une suite en alternance simple, à prédire plus fréquemment l'issue qui prolonge cette alternance. Et il note (1964) que l'existence de ces deux tendances de réponse, récence

et alternance, permet de soupçonner qu'il en existe d'autres non encore identifiées.

Ces résultats, et tout particulièrement ceux de NICKS qui montre que l'extension du passé immédiat ayant une incidence sur la probabilité de réponse est non seulement variable mais est liée à la nature de la suite constituée par les issues antécédentes, nous paraissent extrêmement importants. Le fait que l'ensemble de ces suites associées aux effets séquentiels n'est pas quelconque, mais est au moins partiellement structuré (en files de longueur variable, en suites en alternance simple ...) est favorable à l'hypothèse, reprise ultérieurement, d'un codage par les sujets de la succession des issues.

VII. — Effets séquentiels liés aux réponses précédentes

Les études de HAKE et HYMAN (1953), EDWARDS (1961) montrent que l'incidence des réponses précédentes est moindre que celle des issues précédentes. MATALON (1959) a trouvé que l'incidence des réponses précédentes est plus importante pour les enfants de 5 ans que pour ceux de 8 ans. NICKS (1959) présente un graphique qui est l'analogue, pour les files de réponses, des courbes de récence pour les files d'issues : il calcule la probabilité d'une réponse à l'essai n après 1, 2, ... k réponses identiques lors des k essais précédents; les courbes pour p_1 et p_2 ont des niveaux très différents, mais n'évoluent pas en fonction de k , ce qui montre que seule la dernière réponse émise intervient dans le choix

GOODNOW et PETTIGREW (1955, 1956), BRUNER, WALLACH et GALANTER (1959) émettent l'hypothèse qu'une centration sur les réponses masquerait la structure de la série et introduirait ainsi du « bruit ».

Ces résultats, acquis dans des situations où la probabilité de renforcement est indépendante de la réponse émise, ne sont pas cependant généralisables. Ainsi, SHELLY (1958, 1960 b) étudie une situation avec 4 éventualités où la présentation des issues dépend non de la réponse prédictive qui vient d'être émise $r_{j, n}$, mais de la réponse émise à l'essai précédent $r_{j, n-1}$. En faisant varier notamment $p(i_{j, n} | r_{j, n-1})$, égal à 0,25 ou à 0, on manipule la probabilité que la répétition du choix précédent soit renforcée. Les réponses des sujets traduisent une adaptation à ce genre de situation, la probabilité d'un changement de réponse dépendant de la probabilité qu'une répétition soit renforcée et de la probabilité qu'un changement conduise à un renforcement.

VIII. — De l'origine des effets de récence

1. *Le problème posé.*

Si on écarte les cas évoqués précédemment où π_1 n'est pas indépendante des issues survenues aux essais antérieurs (III-III-3) pour ne s'intéresser qu'aux séries non markoviennes « bien construites », il est évident qu'un comportement régi par des effets de récence est en contradiction avec la structure séquentielle d'une série aléatoire simple. Si l'on observait seulement des effets positifs, on pourrait invoquer la notion de renforcement pour rendre compte de cette contradiction. Le problème est plus délicat avec les effets négatifs : d'où proviennent-ils ?

Les options apparaissent diverses dans la littérature. ESTES (1962, 1964) émet l'hypothèse que les effets négatifs résultent des tendances de réponses élaborées dans d'autres situations et transférées à la situation expérimentale. RESTLE (1961) pense que ces effets dépendent de « quelque chose dans l'expérience » et conteste l'hypothèse d'une origine pré-expérimentale.

Un problème est donc de savoir si les effets négatifs sont acquis antérieurement à la situation expérimentale pour y être transférés, ou appris au cours de l'expérience même. La deuxième hypothèse implique une apparition progressive de ces effets au cours du processus expérimental, tandis que la première paraît privilégier une apparition immédiate. (Elle est cependant compatible avec une apparition plus tardive, si on considère que l'intervention d'un transfert dépend de la perception de certains caractères permettant d'assimiler la situation présente à des situations antérieures). Or, dans toutes les études relatées, les effets négatifs apparaissent dès le premier bloc. Ainsi, FLAMENT (1963) les observe dès les 20 premiers essais, tandis que COHEN (1960), COHEN et MANSEL (1955) relatent également une apparition immédiate avec des procédures très diverses. Quelques rares expériences font apparaître une augmentation transitoire, au cours de l'expérience, d'effets négatifs présents dès le premier bloc (Cf. les graphiques de GAMBINO et MYERS, 1966). Ces résultats ne sont guère favorables à l'hypothèse d'une élaboration progressive de ces effets déterminés par certains caractères de la situation.

Cette dernière hypothèse soulève d'ailleurs un problème : comment peut-on concevoir un apprentissage des effets négatifs dans une expé-

rience où on utilise des séries non markoviennes « bien construites », sans dépendances séquentielles entre les issues ? Comment quelque chose d'étranger à la situation peut-il être appris ? Cependant, l'hypothèse opposée d'une origine pré-expérimentale n'évite pas totalement ce problème : car on peut se demander alors comment un mode de réponse qui conduit à de nombreuses prédictions inexactes peut persister aussi longtemps (1 000 essais pour observer une extinction).

Une réponse consiste à considérer que la conduite des sujets est déterminée non seulement par les caractères réels de la série, mais aussi par leur représentation de la série ou du mécanisme qui l'a engendrée. Si tel est le cas, on peut envisager la possibilité qu'une représentation inadéquate soit confirmée de façon fallacieuse par suite de la méconnaissance des mécanismes aléatoires par les sujets. Nous allons examiner cette possibilité dans les paragraphes suivants. Dans les chapitres ultérieurs, nous envisagerons une autre réponse, parfaitement compatible avec la précédente, qui considère l'apparition ou la consolidation de certains effets séquentiels au cours du processus expérimental comme une résultante des activités de codage des sujets.

2. La représentation d'une série aléatoire par les sujets.

BAKAN (1960) demande à des étudiants de transcrire par écrit la série des piles et faces susceptible d'être engendrée par 300 jets d'une pièce de monnaie non biaisée. Le nombre moyen de réponses face est 150,5 (espérance mathématique : 150), tandis que le nombre de files fermées de réponses face est de 176 (espérance mathématique : 151). Sur les 70 sujets, 62 ont produit plus de 151 files fermées, la fréquence moyenne des suites de trois réponses est 0,16 pour les suites homogènes PPP et FFF; 0,36 pour les suites symétriques PFP et FPF; et 0,48 pour les 4 suites non-symétriques (probabilités respectives de cas trois types de suites dans un aléa de BERNOULLI : 0,25; 0,25; 0,50). Ainsi, on constate une tendance à éviter de répéter une même réponse, ce qui engendre une proportion de files fermées brèves plus grande que celle attendue par le hasard. RATH (1966), dans une expérience analogue, conclut que les sujets préfèrent les alternances et évitent les répétitions.

De tels résultats suggèrent que si la représentation d'une série aléatoire est inexacte, les sujets risquent d'avoir de graves difficultés pour l'identifier en l'absence d'information sur le mécanisme qui engendre la série. Ils suggèrent en outre que la connaissance de la nature aléatoire

de la série (qui peut être assurée en effectuant des tirages dans une urne devant le sujet) n'entraîne pas nécessairement la disparition des effets séquentiels; or, nous avons précédemment rapporté qu'en pareil cas les sujets non-mathématiciens déclarent très fréquemment, lors d'entretiens post-expérimentaux, avoir recherché des " patterns ".

3. *Deux hypothèses classiques sur les effets de récence.*

a) Une hypothèse stipule que les effets négatifs de récence résultent de ce que les sujets considèrent que la série est obtenue à partir de tirages exhaustifs : en pareil cas, le résultat i_1 à l'essai n entraîne une modification des probabilités en faveur de i_2 à l'essai suivant. Les sujets envisageraient bien un mécanisme aléatoire, mais dans l'ensemble des mécanismes aléatoires possibles, ils effectueraient un choix erroné ⁽¹⁾.

Une pareille hypothèse présente deux difficultés :

— les fluctuations des probabilités après chaque tirage sont extrêmement faibles, excepté lorsque l'urne est presque vide; il faudrait supposer que les sujets amplifient considérablement ces fluctuations;

— une telle hypothèse permet de rendre compte des effets négatifs de récence, mais non des effets positifs.

Notons que cette hypothèse, comme la suivante, n'implique pas nécessairement que les sujets aient conclu au caractère aléatoire de la série : il suffit de supposer que les sujets adoptent provisoirement cette attitude dans leur choix immédiat en recherchant la présence éventuelle d'autres règles.

b) Selon une autre hypothèse, les sujets constatant une décroissance de la fréquence des files fermées lorsque augmente leur longueur k infèreraient à tort que plus k est grand, moins est élevée $p(i_j | k)$: ils discerneraient une non-indépendance des essais.

Cette hypothèse est complexe, car elle pose comme préalable d'une part que les sujets appréhendent la série comme étant constituée de files différentes, et d'autre part qu'ils discriminent leur fréquence respective. Le premier point est formulé très explicitement par J.J. GOODNOW (1955, b) qui émet l'hypothèse qu'à chaque essai les sujets s'intéressent à la file en cours constituée par les issues antécédentes, et que celle-ci

(1) La représentation de la série qu'élaborent les sujets serait conforme à un aléa hypergéométrique, et non à un aléa de BERNOUILLI.

est utilisée comme indice pour effectuer le choix requis. Ce mécanisme que l'on peut considérer comme un mécanisme de codage est très séduisant car il permet de rendre compte d'effets séquentiels très étendus sans attribuer aux sujets une capacité de discrimination excessive. En effet, si on suppose que les sujets répondent de façon différentielle aux suites réalisées par les k issues antécédentes (et non pas exclusivement à la file en cours), il faut supposer que les sujets discriminent 2^k suites différentes pour une série comportant seulement deux issues possibles; or les valeurs de cette fonction exponentielle deviennent rapidement très élevées : $2^7 = 128$. Par contre, si l'on accepte l'hypothèse de GOODNOW, les sujets auront à discriminer seulement $2k$ files.

Cette deuxième hypothèse (outre qu'il faudrait préciser par quels mécanismes les sujets peuvent apprendre la fréquence respective des diverses files) entraîne une même difficulté que la première : elle permet de rendre compte des effets négatifs de récence, mais non des effets positifs.

Or, RESTLE (1961), qui élabore un modèle mathématique fondé sur le mécanisme de réponse suggéré par GOODNOW, est conduit à supposer en outre que les longues files sont plus prégnantes que les brèves pour qu'un même mécanisme rende compte des effets positifs et négatifs. Il introduit donc un coefficient de pondération directement proportionnel à la longueur k de la file, ce qui entraîne des distorsions dans la fréquence que les sujets attriburaient aux diverses files.

Nous avons été conduit à nous demander s'il existe des distorsions dans la fréquence estimée des files fermées, et dans l'affirmative, de quel type, sans nous interroger sur la validité des autres hypothèses de RESTLE : c'est l'objet de l'expérience relatée ci-dessous.

4. *L'expérience II.*

a) *La procédure expérimentale.*

Elle a été identique à celle de l'expérience I, sauf en ce qui concerne les points suivants :

— Tous les sujets ont été affectés à la même condition expérimentale; ils furent informés que la série avait été constituée par 180 tirages avec remise dans une urne de composition non spécifiée.

— A la fin de l'expérience, une question annexe différente a été

posée aux sujets; tout d'abord, on leur a expliqué à partir de la suite AIAAIIIAIIAAA le mode de décomposition de la série en files fermées de différentes longueurs; puis, ayant précisé que la série comportait exactement 13 files fermées d'un seul A, on leur a demandé d'indiquer le nombre de files fermées de 2A, 3A, etc... (ni le nombre total de files fermées, ni la longueur de la plus longue n'étant précisés).

— Les sujets furent 23 étudiants volontaires, en première année de Psychologie.

La série présentée est la même que celle utilisée dans l'expérience I, avec $\pi_1 = 2/3$ et $\pi_2 = 1/3$: la distribution des effectifs des files fermées englobent 1, 2, ..., k A ou 1, 2, ..., k I, est une approximation de la distribution des espérances mathématiques correspondantes, la plus longue file fermée de la série comportant 8 éléments.

b) Résultats.

La fréquence des prédictions de l'issue majoritaire, calculée par blocs de 36 essais, traduit un léger sous-ajustement, quoique non significatif à la fin de l'épreuve : $p_1 = 0,63$. L'effet de récence calculé sur le dernier bloc marque un effet positif initial, avec un maximum pour $k = 2$, puis un effet négatif.

Le résultat nouveau de cette expérience est lié à la question annexe : on constate que la distribution de la moyenne interindividuelle des estimations du nombre de files fermées de longueur k ne coïncide pas avec la distribution réelle; la disparité la plus importante est l'attribution aux files fermées de longueur $k = 3$ d'un effectif supérieur à celui indiqué pour $k = 1$ (voir Fig. III-3).

Au niveau individuel, 14 sujets sur 23 attribuent à au moins une des valeurs de k dans l'intervalle $2 \leq k \leq 5$ un effectif supérieur à celui spécifié pour $k = 1$. On observe :

— une décroissance monotone des estimations chez 2 sujets seulement,

— une croissance initiale suivie d'une décroissance chez 6 sujets,

— des distributions irrégulières (par ex., bimodale) chez 14 sujets ⁽¹⁾.

Ainsi, on voit apparaître au niveau interindividuel une correspondance grossière entre les effets de récence et les estimations du nombre de files fermées, à cette exception près que le mode apparaît pour $k = 3$

(1) Un des sujets est parti sans avoir répondu à la question annexe.

dans la distribution des effectifs, et le maximum pour $k=2$ dans la courbe de récence construite sur les 36 derniers essais; cependant, aucun consensus ne se dégage sur l'allure de la distribution des effectifs.

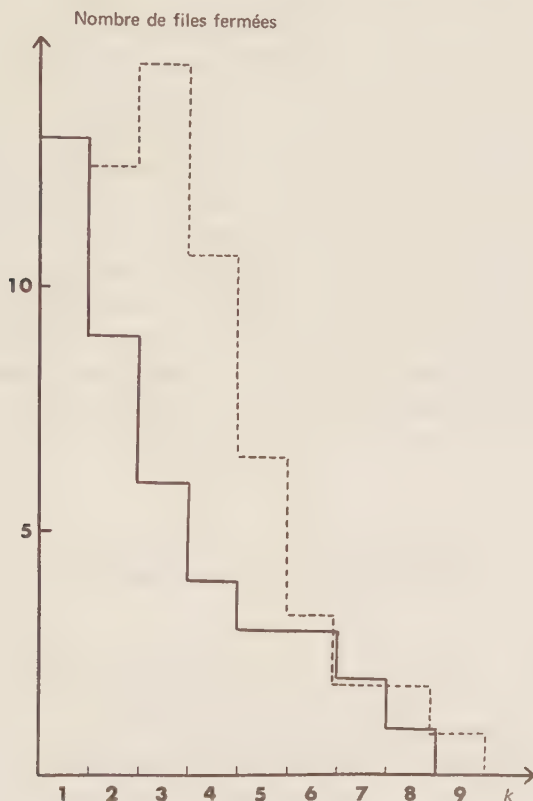


FIGURE III-3

Expérience 2 : Répartition du nombre réel (en traits pleins) et de la moyenne des estimations (en traits pointillés) du nombre de files fermées de longueur k .

L'expérimentateur a fait part aux sujets de l'écart entre la distribution réelle des effectifs et les estimations, et il leur a demandé d'indiquer les raisons possibles d'un tel écart en fonction de leur expérience personnelle. Un sujet a immédiatement déclaré que c'était parce que « les suites ⁽¹⁾ de longueur 1 et 2 ne durent pas longtemps », explication qui a entraîné l'assentiment général (aucune autre raison n'a été avancée).

(1) Il s'agit en fait de files fermées.

5. *Remarques finales.*

Ces résultats renforcent l'hypothèse que les effets de récence sont liés à une confusion entre probabilités conditionnelles et fréquences des files fermées, puisque le fait que les estimations des effectifs de ces dernières ne décroissent pas de façon monotone permet de rendre compte par un mécanisme unique des effets positifs et des effets négatifs de récence. En outre, les propos post-expérimentaux des sujets suggèrent que ce sont les facteurs d'ordre vraisemblablement perceptif qui provoquent des distorsions entre fréquences véritables et fréquences estimées.

Ainsi, certains facteurs sont susceptibles de contrecarrer l'extinction des effets de récence, bien que ceux-ci soient pénalisés dans une série « bien construite ». Ces facteurs peuvent être compatibles avec d'autres, non encore isolés, pouvant aboutir plus largement à la persistance des effets séquentiels : n'oublions pas que de très nombreux sujets, même en présence du mécanisme aléatoire qui engendre la série, déclarent avoir recherché des patterns.

IX. — En guise de conclusions : Jalons pour les chapitres ultérieurs

1) Les effets séquentiels apparaissent comme une caractéristique générale du comportement des sujets humains adultes dans les expériences de prédiction en situation aléatoire pendant une phase extrêmement longue du processus expérimental. Ils peuvent se manifester sous des formes diverses et se modifier avec la prolongation de l'exercice.

2) Ces effets apportent une information importante sur les mécanismes de décision mis en jeu par les sujets : ceux-ci utilisent certains événements ou suites d'événements du passé expérimental proche comme indices dans l'élaboration de leurs choix successifs, dans une situation où l'absence d'un stimulus variable selon les essais ne peut assumer cette fonction.

3) Lorsque les événements du passé expérimental proche n'appartiennent plus au champ perceptif (ce qui est le cas général des expériences relatives), c'est donc la trace de ceux-ci qui est agissante. Or cette trace échappant au contrôle de l'expérimentateur, il s'avère malaisé de discerner ce qui constitue le stimulus effectif, et de ce fait, l'étude du mécanisme de l'apprentissage se heurte à de grandes difficultés.

4) La nature des effets séquentiels et leur évolution, loin d'être uniformes, paraissent extrêmement dépendantes de la structure probabiliste de la série des issues, ou de ses caractères séquentiels déterminés par la première. De ce fait, l'emploi de modèles mathématiques mettant en jeu des opérateurs de type variable, ou l'emploi de règles markoviennes pour la présentation des issues, paraissent à première vue des procédures fécondes pour l'étude du mécanisme de l'apprentissage.

5) Certains effets séquentiels, comme les effets négatifs de récence, se manifestent d'emblée au début du processus expérimental et semblent résulter d'habitudes préexpérimentales. Cependant leur sensibilité aux caractères séquentiels de la série ne permet pas d'exclure la possibilité que certains soient élaborés au cours de l'expérience.

6) Enfin, il convient de souligner que, dans les circonstances où on a rapporté pas ou peu d'effets séquentiels, on observe généralement un surajustement (adultes après un long exercice, enfants d'âge préscolaire, animaux). Ainsi il est opportun d'examiner si les effets séquentiels n'auraient pas une incidence sur le mécanisme de l'apprentissage.

CHAPITRE IV

LE NON-EMPLOI DE LA STRATÉGIE PURE

I. — Le problème et ses modes d'approche

Nous revenons à un problème évoqué précédemment, mais dont la discussion a été différée, à savoir les raisons du non-emploi de la stratégie pure (effectuer toujours le même choix) qui correspond dans les situations aléatoires simples à la stratégie optimale (celle qui assure l'espérance de gain la plus élevée, moyennant les hypothèses habituelles qui assimilent le gain à une réponse exacte). Ce faisant, nous serons conduit incidemment à évoquer à nouveau le problème du mécanisme de l'apprentissage.

Schématiquement, si on veut résumer la tâche des sujets, on peut dire que placés dans une situation dont ils ignorent les caractères essentiels, ils sont conviés à maximiser leurs gains. Or cela recouvre un double aspect, d'une part recueillir suffisamment d'information pour discerner la règle de présentation des issues, et d'autre part définir la stratégie la plus appropriée en fonction de l'information, même fragmentaire, dont on dispose. Selon la perspective adoptée, ces deux aspects seront dissociés, ou non. Ainsi, lorsque la situation est considérée comme une tâche de résolution de problème, le deuxième aspect est prévalent : on ne s'intéresse en général pas à la manière dont les sujets discernent l'éventualité la plus fréquente, mais au « calcul » (dans les multiples sens de ce terme) qu'effectueraient les sujets pour s'adapter à la situation; et éventuellement à leur représentation de la règle de présentation des issues lorsqu'elle n'est pas spécifiée, car celle-ci a logiquement une incidence sur la stratégie qu'il convient d'adopter. Par

contre, dans le cadre d'un apprentissage type S-R, il n'y a pas lieu de distinguer ces deux aspects : la probabilité des diverses réponses se modifie en cours d'expérience simplement par le jeu des renforcements qui leur ont été appliqués. Le problème précédent, celui du choix d'une stratégie d'ensemble, ne se pose donc pas dans cette perspective. Le problème du non-emploi de la stratégie pure subsiste, mais il s'insère alors dans le problème plus général de la détermination de la probabilité finale de réponse. Ainsi, si on suppose que l'apparition de l'issue majoritaire possède le même pouvoir de renforcement que l'issue minoritaire, c'est-à-dire affecte d'une égale valeur la probabilité que soit prédite l'issue apparue, on peut comprendre intuitivement que la stratégie pure ne soit jamais adoptée : la probabilité de choix de l'issue minoritaire ne peut être égale à zéro dans ces conditions. Les réponses de type S-R seront envisagées au paragraphe V en se référant aux modèles mathématiques d'apprentissage construits pour ce type de situation, car la nécessité d'avoir recours à des axiomes précis permet de mieux expliciter les mécanismes hypothétiques invoqués.

Nous envisagerons tout d'abord une approche différente de celles qui viennent d'être évoquées, approche issue de la théorie de la décision et de la théorie des jeux. Dans cette perspective, et en supposant que les sujets se conduisent de façon rationnelle, on cherche à déterminer à partir du comportement observé l'objectif qu'ils poursuivent. En procédant ainsi, on est proche de l'optique consistant à considérer que les sujets ont affaire à une tâche de résolution de problème, abstraction faite de l'intervention d'un modèle précis de la situation permettant de traduire en termes mathématiques les hypothèses formulées.

II. — Hypothèses inspirées par la théorie de la décision (et la théorie des jeux)

1. *La problématique.*

Dans la théorie des jeux, la situation est assimilée à un jeu avec risque contre un adversaire (la « nature » ou un autre individu). Le « joueur » étant supposé se comporter de façon rationnelle, on détermine la stratégie qu'il doit utiliser pour maximiser son espérance de gain, ou plus exactement l'espérance de l'utilité ⁽¹⁾; l'utilité attachée aux

(1) L'utilité est un concept introduit par les économistes pour désigner la valeur

enjeux et les probabilités intervenant dans la situation sont supposées connues. Il s'agit là d'un point de vue exclusivement normatif étant donné le modèle utilisé. La théorie de la décision se propose en particulier de comparer le comportement observé au comportement théorique tel qu'il est évalué par exemple par la théorie des jeux; en cas de non-concordance, on peut considérer que le sujet se comporte bien en être rationnel, mais qu'il convient de réévaluer certaines valeurs assignées aux utilités ou aux probabilités dans le calcul initial. Ainsi dans les expériences de prédiction simple, si l'utilité est définie par le nombre de prédictions exactes, il est manifeste que les sujets ne se comportent pas de façon à maximiser l'utilité attendue, puisque pour cela ils devraient adopter une stratégie pure. Pour ne pas renoncer à considérer les sujets comme des êtres rationnels agissant de façon à maximiser leur gain, certains auteurs se sont employés à démontrer qu'en l'absence de récompenses matérielles, c'est bien l'ajustement qui permet de maximiser l'espérance de l'utilité : mais alors, l'utilité ne peut être définie simplement par le nombre de réponses exactes. Trois solutions ont été proposées.

2. Première solution : utilité plus grande de l'issue minoritaire.

SIEGEL (1959), SIEGEL et GOLDSTEIN (1959) notent qu'il « est raisonnable de supposer que lorsqu'une personne est dans une situation où le seul paiement attaché au résultat est la satisfaction d'avoir sa prédiction confirmée par l'événement, ou le désagrément d'avoir sa prédiction infirmée par celui-ci, une prédiction correcte de l'événement le moins fréquent présente une utilité supérieure à une prédiction correcte de l'événement le plus fréquent ». BRUNER, GOODNOW et AUSTIN (1956) formulent une hypothèse analogue en des termes différents.

Exploitant cette suggestion, nous avons recherché s'il existe une valeur de l'utilité attachée à la prédiction correcte de l'issue minoritaire, telle qu'une stratégie mixte soit payante autant qu'une stratégie pure. Pour simplifier, on supposera que l'utilité attachée à la prédiction de l'issue majoritaire est égale à l'unité, et que celle attachée à la prédiction

subjective d'une marchandise, qui ne coïncide pas toujours avec sa valeur monétaire. Ce concept a été repris par la théorie de la décision, dont un des problèmes est précisément de mesurer l'utilité, et donc de la définir opérationnellement (Cf. BRESSON, 1965; ROUANET, 1967 b).

de l'issue minoritaire est un multiple k de la précédente. La valeur recherchée de k est obtenue à partir de l'équation ⁽¹⁾ :

$$p_1 \pi_1 + k(1 - p_1)(1 - \pi_1) = \pi_1$$

d'où

$$k = \frac{\pi_1}{1 - \pi_1}$$

k pouvant être exprimé sans faire intervenir p_1 , pour $k = \frac{\pi_1}{1 - \pi_1}$ il en

résulte que n'importe quelle stratégie mixte est équivalente à la stratégie pure consistant à prédire toujours l'issue majoritaire. Par exemple, pour

$\pi_1 = 3/4$, $\pi_2 = 1/4$, et $k = \frac{\pi_1}{1 - \pi_1} = 3$, ajuster assure la même assurance

que prédire toujours l'issue majoritaire :

$$1 \left(\frac{3}{4} \times \frac{3}{4} \right) + 3 \left(\frac{1}{4} \times \frac{3}{4} \right) = 1 \left(\frac{3}{4} \right)$$

Par contre, la stratégie pure fondée sur l'issue majoritaire est meilleure

si $k < \frac{\pi_1}{1 - \pi_1}$, et la stratégie pure fondée sur l'issue minoritaire est

meilleure si $k > \frac{\pi_1}{1 - \pi_1}$.

Cette hypothèse n'est donc valide que dans certaines limites imposées par les inégalités précédentes. En outre, elle soulève un problème préalable, celui de l'existence d'une liaison inverse entre la probabilité d'un résultat et l'utilité qui lui est attribuée : or les résultats obtenus dans des situations différentes sont loin d'être convergents (FEATHER, 1959; CARLSMITH, 1962, cité par ABELSON, 1964).

3. Deuxième solution : utilité de la variabilité.

Différents auteurs invoquent la monotonie qu'engendrerait la stratégie pure pour expliquer son non-emploi. Mais c'est SIEGEL (1959, 1961) qui fait jouer le rôle le plus grand à l'hypothèse d'une recherche de la variabilité en l'intégrant à son modèle SEU (*subjectively expected utility*). Dans sa théorie, il fait intervenir deux composantes dans l'espé-

(1) Le premier membre correspond à l'espérance de gain d'une stratégie mixte, avec une utilité égale à 1 pour l'issue majoritaire, et à k pour l'issue minoritaire; le second à l'espérance de gain avec la stratégie pure fondée sur l'issue majoritaire.

rance de l'utilité : d'une part, l'utilité d'un choix correct, qui résulte de la satisfaction procurée par l'exactitude de la réponse; et d'autre part, l'utilité de la variation des choix, qui permet d'éviter la monotonie. Cette dernière utilité serait proportionnelle à $p_1(1 - p_1)$; donc nulle pour $p_1 = .00$ et $p_1 = 1.00$, et maximum pour $p = .50$.

SIEGEL a réalisé une expérience pour tester l'hypothèse que la monotonie est un obstacle à l'emploi de la stratégie pure (rapportée par J.M. ANDREWS, 1964). Un groupe opère avec la procédure classique tandis que le deuxième, dit groupe en miroir, doit, à chaque essai, se tourner soit à droite, soit à gauche, suivant les indications d'une double flèche. S'il se tourne à droite, il fait face au tableau classique de présentation, avec deux ampoules et deux clefs de réponse. S'il se tourne à gauche, il fait face à une glace qui reflète seulement les ampoules de l'autre panneau, avec au-dessous deux clefs de réponse. Ainsi un sujet peut adopter la stratégie pure sans que sa réponse soit constante d'essai en essai. Conformément à l'hypothèse, les sujets de la condition en miroir, à défaut de stratégie pure, surajustant de façon marquée.

Le support expérimental est bien mince; et dans les expériences où $\pi_1 = 1$, les auteurs ne rapportent jamais que les sujets renoncent à un gain certain pour introduire un peu de diversité dans leurs réponses (il est vrai qu'en pareil cas, on a la gentillesse d'utiliser des séries brèves). En outre, cette utilité attribuée à la variabilité a soulevé quelques réserves; ainsi, ABELSON (1964) souligne son caractère *ad hoc*. Enfin, une expérience de MESSICK (1965), réalisée avec une procédure différente, ne confirme pas cette hypothèse.

4. *Troisième solution : minimisation du regret avec une suite non-stationnaire.*

Une solution plus complexe est proposée par SIMON (1956) pour une situation particulière, dans laquelle notamment les probabilités de renforcement des deux réponses ne seraient pas constantes au cours de l'expérience (non-stationnarité). Il démontre qu'en pareil cas l'ajustement est la conduite qui permet de minimiser le « regret », c'est-à-dire la différence entre le gain qu'aurait pu obtenir un sujet connaissant l'état exact de la « nature », et le gain effectivement obtenu.

III. — La situation comme tâche de résolution de problèmes : quelques hypothèses souvent émises

1. *Caractères généraux.*

Les hypothèses envisagées ci-après présentent en commun les caractères suivants :

— Bien qu'elles ne se réfèrent explicitement à aucun modèle théorique, elles se placent en fait dans une problématique voisine de celle de la théorie de la décision : on considère que le comportement des sujets témoigne d'une certaine rationalité, compte tenu de leur représentation de la situation.

— Comme dans la problématique de la théorie de la décision, c'est une stratégie d'ensemble qui est envisagée : les fluctuations systématiques dans les règles de décision utilisées essai par essai, que manifestent les effets séquentiels, ne sont pas prises en compte.

— Elles ont un caractère beaucoup plus partiel que les hypothèses issues de la théorie de la décision, puisqu'elles énumèrent plus des obstacles à l'emploi de la stratégie pure qu'elles ne justifient le choix de la stratégie mixte particulière que constitue l'ajustement. Elles sont incapables de prédire une caractéristique quelconque du comportement des sujets, excepté le non-emploi de la stratégie pure.

2. *Les sujets considèrent la tâche comme un problème à résoudre.*

Cette hypothèse apparaît pour la première fois chez deux auteurs en 1955, et sera souvent reprise ultérieurement. YCKOFF et SIDOWSKI (1955) notent que dans un problème, le critère de la réussite est l'exactitude des réponses : la stratégie pure qui entraîne nécessairement des réponses incorrectes ne peut donc être considérée comme une réussite. J.J. GOODNOW (1955 a) fait une hypothèse analogue, soulignant en outre que dans les problèmes la réussite ne peut se déterminer à partir du dénombrement des réponses correctes et incorrectes : découvrir la solution, fût-ce à la fin de l'épreuve, revêt plus d'importance que faire peu d'erreurs. Assimiler la situation de prédiction à une situation de résolution de problème entraînerait l'emploi d'une stratégie mixte (mais cette hypothèse ne permet pas de spécifier laquelle), tandis que l'assi-

milation à une situation aléatoire favoriserait l'emploi de la stratégie pure : espérer gagner à tous les coups étant irréaliste, il convient seulement de s'assurer un gain aussi élevé que possible.

Les résultats expérimentaux sont favorables à cette hypothèse. Schématiquement, on peut distinguer deux procédures, selon que le groupe contrôle sans aucune information est comparé à un groupe expérimental où la tâche paraît impliquer la recherche d'une règle (GOODNOW, 1955 a; GOODNOW et POSTMAN, 1955) ou bien à un groupe expérimental où la série des issues est engendrée en présence des sujets par un mécanisme aléatoire (RUBINSTEIN, 1959; MORSE et RUNQUIST, 1960; NIES, 1962).

3. *Résistance à l'emploi de la stratégie pure.*

Certains auteurs (MATALON, 1959), s'appuyant notamment sur la justification de leur stratégie donnée par les sujets, invoquent une réticence très forte à l'emploi de la stratégie pure, laquelle entraîne nécessairement des pertes : on espère pouvoir réduire la proportion de celles-ci par l'emploi d'une stratégie mixte. Cette hypothèse présuppose donc l'incapacité des sujets d'évaluer le gain d'une stratégie mixte, ce qui ne fait guère de doute pour la très grande majorité d'entre eux. Notons que l'hypothèse précédente fondait le rejet de la stratégie pure sur l'assimilation de la situation à une expérience de résolution de problème, alors que la présente hypothèse se fonde uniquement sur le coût de la stratégie pure.

4. *Restrictions implicites.*

Certains sujets déclarent qu'ayant songé à la stratégie pure, ils l'ont rejetée car elle entraînerait un non-respect des consignes. Or si les consignes mentionnent les diverses éventualités, elles ne prescrivent jamais l'emploi de toutes les réponses. Nous voyons intervenir ici les « restrictions implicites » signalées par OLERON (1960) et qu'on observe dans différents problèmes, comme celui des neuf points de MAIER.

5. *Non-stationnarité de la suite.*

FLOOD (1964) note que l'emploi de la stratégie pure s'impose seulement si on peut affirmer que la série des issues est engendrée par un

processus aléatoire stationnaire, c'est-à-dire un processus dont les paramètres sont constant. Si le processus est non-stationnaire, des changements dans la valeur des probabilités survenant à certains essais, une stratégie pure peut entraîner des pertes plus élevées qu'une stratégie mixte. Cette hypothèse n'a pas été véritablement testée bien que des séries non-stationnaires aient été utilisées à diverses reprises. On doit se borner à noter qu'une croyance en une non-stationnarité de la série est compatible avec les propos des sujets déclarant avoir recherché des patterns ou des cycles.

IV. — Une hypothèse distincte

1. *Exposé de l'hypothèse.*

Certains résultats expérimentaux mentionnés ici nous ont suggéré une hypothèse qui implique un mécanisme de décision intervenant essai par essai en deux temps : le sujet détermine d'abord l'issue qui lui paraît la plus probable à l'essai considéré, en fonction notamment des événements expérimentaux immédiatement antérieurs; puis il choisit l'issue jugée la plus probable ⁽¹⁾. *Dans le cadre de cette hypothèse, c'est parce que le sujet juge à certains essais que l'issue majoritaire a au moment présent moins de chances que l'issue minoritaire de se réaliser qu'il choisit cette dernière.* Cette hypothèse exclut donc l'emploi de la stratégie pure tant que le sujet n'est pas convaincu que l'issue majoritaire possède à tous les essais une probabilité de réalisation supérieure à celle de l'issue minoritaire.

Cette hypothèse peut paraître assez réaliste en fonction de nos connaissances actuelles. Tout d'abord, elle exclut l'élaboration d'une stratégie d'ensemble par les sujets : ceux-ci considéreraient que c'est par une sommation de gains locaux qu'ils peuvent parvenir à maximiser leur gain total. Or, dans une expérience de Mc CRACKEN et col. (1962), on observe un surajustement très marqué ($\pi_1 = 0,70$; $p_1 > 0,85$) dans un groupe expérimental où on recommande aux sujets de ne pas répondre sur la base essai par essai : on est conduit à supposer que si les sujets de groupe contrôle ajustent, c'est parce qu'ils élaborent leur

(1) Cette hypothèse peut être formalisée et aboutit à un modèle mathématisable, dans lequel le premier temps correspondrait à un axiome de codage probabiliste, et le second à un axiome de réponse déterministe.

choix ainsi. Ensuite, il convient de se rappeler que lorsqu'on demande aux sujets d'estimer essai par essai la probabilité des issues, on observe des fluctuations en fonction de la séquence réalisée par les issues précédentes qui sont étroitement parallèles aux effets de récence.

2. Contre-épreuve : l'expérience III.

a) But.

Si les sujets n'emploient pas la stratégie pure parce qu'ils sont convaincus qu'à certains essais l'issue minoritaire a le plus de chances de se réaliser, alors en éliminant tout support à cette conviction, on doit provoquer l'emploi de la stratégie pure (ou à défaut, un surajustement très marqué pour faire une part à des facteurs annexes supposés mineurs tels que le goût du risque, la résistance à la monotonie, etc...). Pour réaliser cet objectif, on a décidé de procéder à des tirages successifs dans une urne contenant deux types de billes dans des proportions connues des sujets, leur tâche étant de prévoir coup par coup le résultat de chaque tirage, mais sans que ces résultats leur soient communiqués. De cette façon, ils disposeraient à chaque essai d'une information unique et constante, la composition de l'urne et de ce fait la probabilité des issues; ils seraient en quelque sorte maintenus lors de n essais consécutifs dans une situation rigoureusement identique à celle du premier essai.

b) Le plan expérimental.

C'est un plan factoriel 2×2 :

— composition de l'urne : 60 billes bleues et 40 jaunes, ou 80 bleues et 20 jaunes, soit pour π_1 : 0,60 ou 0,80.

— communication (C) ou non-communication (NC) du résultat de chaque tirage.

Aux quatre conditions expérimentales : C60, C80, NC 60 et NC 80 correspondent quatre groupes indépendants de sujets.

c) La procédure expérimentale.

La passation étant collective, on a effectué dans chaque groupe 50 tirages successifs avec remise dans une urne transparente. Les tirages, et la transcription des résultats ont été assurés chaque fois par deux étudiants du groupe, afin que les sujets soient bien assurés qu'il n'y

avait aucun truchage. La couleur de la bille extraite est immédiatement communiquée dans les groupes C, mais non dans le groupe NC où les tirages furent effectués derrière un écran. Dans chaque groupe, la composition de l'urne utilisée fut inscrite au tableau noir.

Chaque prédiction devait être inscrite sur un carnet, à raison d'une par page et avec interdiction de revenir en arrière, pour limiter autant que possible l'intervention des réponses antérieures comme critère de choix. Les tirages furent effectués à la cadence d'un toutes les 5 secondes; au début de chaque essai, l'expérimentateur disait « attention », l'étudiant qui assistait l'expérimentateur devait agiter l'urne tandis que les sujets inscrivaient leur prédiction, le tirage survenant approximativement 3 ou 4 secondes après.

Les consignes furent exposées en deux temps, afin de pouvoir comparer le comportement des sujets dans un choix unique et dans une série de choix. Dans un premier temps, il fut indiqué qu'on allait procéder à *un* tirage, dont il fallait prévoir le résultat. Ceci fait, on a mentionné dans un deuxième temps qu'on allait continuer de la sorte en effectuant 50 tirages avec remise, les consignes se terminant par :

« Il est extrêmement improbable que toutes vos cinquante prédictions soient exactes. Votre but est d'obtenir sur l'ensemble des tirages le plus grand nombre possible de prédictions exactes ».

Les consignes sont identiques dans tous les groupes, à l'exception du paragraphe mentionnant la communication des résultats.

d) *Les sujets.*

Les quatre groupes expérimentaux correspondent à quatre groupes « naturels »; on a demandé aux étudiants en psychologie présents dans quatre groupes de travaux pratiques de méthodologie de bien vouloir rester quelques minutes de plus à l'issue de la séance pour une courte expérience (les réponses des redoublants furent exclues du dépouillement). Les effectifs des groupes sont les suivants : 34 pour C 60, 50 pour NC 60, 39 pour C 80, 39 pour NC 80.

e) *Les résultats.*

Signalons tout d'abord que le hasard s'est montré bienveillant : 30 billes bleues furent extraites dans le groupe C 60, et 41 dans le groupe C 80.

La répartition des choix lors de la première prédiction, que les

sujets étaient amenés à considérer comme unique, fait apparaître un surajustement dans les quatre groupes (Tableau IV-1). La fréquence des prédictions ne diffèrent pas significativement entre les groupes NC 60 et C 60, ni entre les groupes NC 80 et C 80, les quatre groupes furent condensés en deux groupes 60 et 80 (si une différence était apparue à ce niveau, elle n'aurait pu être imputée qu'à des différences dans la composition des groupes naturels, la procédure n'introduisant de différence entre les groupes C et NC qu'après le premier tirage). Le comportement des sujets des groupes 60 s'écarte nettement plus de π_1 (x^2 significatif à 0,02) que celui des groupes 80 (x^2 significatif à 0,10).

TABLEAU IV-1

Expérience III : proportion de sujets ayant prédit l'issue majoritaire au premier essai

	$\pi_1 = 0,60$	$\pi_1 = 0,80$
C	0,79 (n = 34)	0,89 (n = 39)
NC	0,68 (n = 50)	0,87 (n = 39)

La fréquence moyenne des prédictions de l'issue majoritaire au cours de la série de 50 tirages ne fait plus apparaître de surajustement, excepté dans le groupe C 60 (Tableau IV-2). Un sujet a adopté d'emblée la stratégie pure en C 60, quatre en C 80, cinq en NC 80. L'analyse de variance ⁽¹⁾ donne un F significatif à 0,01 pour le facteur π_1 , mais non significatif ni pour le facteur communication des résultats, ni pour l'interaction.

TABLEAU IV-2

Expérience III : moyenne interindividuelle de la fréquence des prédictions de l'issue majoritaire aux 50 essais.

	$\pi_1 = 0,60$	$\pi_1 = 0,80$
C	0,66	0,78
NC	0,60	0,79

(1) Pour pouvoir utiliser le mode de traitement des groupes orthogonaux, plus simple, on a ramené les effectifs de tous les groupes à l'effectif le plus faible, 34, en écartant au hasard des sujets dans les groupes où $n > 34$.

f) *Discussion et conclusion.*

Excepté les résultats obtenus au premier essai, les résultats généraux ne sont pas favorables à l'hypothèse émise. Il convient de se demander tout d'abord si la tâche a été bien comprise, si les sujets n'auraient pas tenté par exemple de constituer une série aléatoire plutôt que de chercher à maximiser le nombre de prédictions exactes. Une observation curieuse rend cette interprétation peu plausible : on remarque en effet dans les protocoles expérimentaux des groupes NC que certains sujets, loin de répartir leurs réponses au hasard, ont adopté une procédure systématique de répartition. Ainsi dans le groupe NC 80, quatre sujets alternent régulièrement une réponse Jaune après quatre réponses Bleu (d'autres inscrivent Jaune tous les six essais : ont-ils confondu une chance sur cinq avec une chance contre cinq ?). Dans le groupe NC 60, un sujet donne d'abord trente réponses Bleu, et ensuite vingt réponses Jaune. Ces faits permettent d'exclure l'idée que ces sujets ont voulu simuler une série aléatoire.

Quelle interprétation proposer alors ? Les résultats peuvent renvoyer à une hypothèse précédemment mentionnée, celle d'une résistance à l'emploi de la stratégie pure : même dans le cadre du problème particulier que constitue la présente tâche, la stratégie pure serait exclue. Faute de l'information apportée par la série des issues, tenter de répartir les réponses de façon aléatoire peut à certains paraître tout aussi hasardeux qu'une procédure systématique, l'exactitude d'une prédiction ne pouvant qu'être fortuite dans les deux cas et non le résultat de l'intelligence ou du « flair ». Si on accepte ces prémisses, la stratégie pure peut se présenter comme un type particulier de procédure systématique, pas plus hasardeuse qu'une autre : si elle n'est alors pas davantage utilisée dans les groupes NC, n'est-ce pas parce que, pour des raisons préalables qu'il importerait d'élucider, la solution à ce type de problème ne peut résider pour les sujets que dans une stratégie mixte ?

Ces considérations sont fort conjecturales. Si nous mentionnons cependant des résultats qui infirment notre hypothèse, c'est qu'ils contiennent une information importante : indépendamment des facteurs invoqués par les théories S-R (associations par contiguïté, renforcement...), et qui ne peuvent intervenir ici dans les groupes NC, d'autres facteurs non pris en compte par ces théories peuvent entrer en jeu dans le comportement des sujets en situation aléatoire.

IV. — Les modèles mathématiques d'apprentissage ⁽¹⁾

1. Des modèles en général.

On peut définir un modèle mathématique comme une hypothèse formalisée conduisant à des prédictions quantifiées, ces prédictions pouvant être validées par confrontation avec les résultats obtenus expérimentalement. Une classe très large de modèles mathématiques relatifs à notre situation est constituée par les modèles stochastiques ou probabilistes d'apprentissage, qui reposent tous sur le postulat fondamental suivant : pour tout sujet ayant un passé expérimental déterminé, il existe à l'essai n pour chaque situation-stimulus une distribution des probabilités sur les réponses. Le but des modèles d'apprentissage est précisément de parvenir à reconstituer essai par essai la succession de ces distributions de probabilités à partir de la distribution de probabilité initiale.

Le critère le plus pertinent pour classer des modèles repose sur leur structure formelle, deux modèles formalisant des théories psychologiques différentes pouvant être équivalents, c'est-à-dire prédire la même évolution des probabilités de réponses. La classification élaborée par ROUANET et ACKERMAN (1965) repose sur l'examen des axiomes relatifs aux deux types de mécanismes :

— *Le mécanisme de la réponse* (ou de décision) dont les axiomes décrivent la distribution de probabilité sur les réponses à un essai donné en fonction de la situation stimulus et du passé expérimental observé d'un sujet.

— *Le mécanisme d'adaptation* (ou d'évolution) dont les axiomes stipulent comment se modifie cette distribution au cours de l'expérience, et en particulier d'un essai au suivant.

Le premier critère permet d'opposer des modèles qui ne cherchent pas à analyser la distribution de probabilités sur les réponses, considérée comme une donnée première indécomposable (modèle stochastiques au sens strict), à des modèles qui au contraire font intervenir des processus hypothétiques permettant d'engendrer cette distribution; dans le dernier cas, il faudra alors spécifier des distributions de proba-

(1) Ce paragraphe emprunte beaucoup à ROUANET, 1964; ROUANET et ACKERMANN, 1965.

bilités sur ces processus afin de pouvoir reconstituer la distribution de probabilité sur les réponses par le calcul (modèles à état; modèles de codage du stimulus). Le deuxième critère permet de distinguer les modèles suivant le type de fonction que l'on fait intervenir pour relier les variations des probabilités de réponses aux événements survenus dans un passé expérimental proche (modèles markoviens proprement dits, modèles à opérateurs linéaires).

Dans les pages suivantes, on ne s'intéressera guère tout d'abord aux distinctions que permet d'introduire le mécanisme de la réponse; en effet, lorsque la situation stimulus est constante, ce qui est le cas dans les expériences classiques de prédiction en situation aléatoire, on peut construire des modèles à états équivalents à des modèles de codage; et tous les deux peuvent être réduits à un modèle probabiliste au sens strict (ROUANET, 1967). Par contre, les axiomes relatifs au mécanisme d'adaptation, distincts suivant les modèles, peuvent s'avérer cruciaux pour leur validité. On envisagera particulièrement de ce point de vue la classe des modèles à opérateurs linéaires, car ils sont relativement simples et leurs difficultés n'ont rien de spécifique. Ce faisant, nous serons conduit à voir resurgir le problème des mécanismes de la réponse.

2. Les modèles à opérateurs linéaires.

On stipule un ensemble d'événements théoriques, et pour chacun de ceux-ci une fonction ou opérateur T_x qui, à chaque distribution de probabilités sur les réponses à un essai donné, γ_n , fera correspondre une nouvelle distribution des probabilités sur les réponses à l'essai suivant, γ_{n+1} :

$$T_x(\gamma_n) = \gamma_{n+1}$$

Ces événements théoriques seront identifiés à des événements expérimentaux ou à des combinaisons d'événements expérimentaux. Spécifier cette correspondance revient à formuler des hypothèses psychologiques puisqu'on désigne des événements expérimentaux qui sont supposés modifier la probabilité de réponse. Par exemple, on peut faire correspondre les événements théoriques aux différentes issues, ou aux différentes combinaisons réponse-issue, ou aux différentes combinaisons entre deux issues, etc...

Ayant identifié les différents événements correspondant aux différents opérateurs $T_1, T_2, \dots$ il faut préciser le type de fonction retenue; généralement, on prend une fonction linéaire, plus simple à manipuler,

mais d'autres fonctions ont été envisagées (pour un exemple de ces dernières, voir BUSH, GALANTER et LUCE, 1959).

Un modèle simple de ce type est celui construit par BUSH et MOSTELLER (1955) pour les expériences de prédiction en situation aléatoire avec deux issues indépendantes de la réponse. Ce modèle comporte deux opérateurs liés à l'issue i_1 ou i_2 de l'essai considéré. On suppose donc que ni les réponses du sujet, ni les issues antérieures au dernier essai n n'affectent la probabilité de réponse à l'essai suivant $n + 1$. On pose :

$$\gamma_{n+1} = T_1 \gamma_n \quad \text{si} \quad i_{1,n} \quad (1 \text{ a})$$

$$\gamma_{n+1} = T_2 \gamma_n \quad \text{si} \quad i_{2,n} \quad (1 \text{ b})$$

ou plus précisément :

$$p_{1,n+1} = p_{1,n} + \theta (1 - p_{1,n}) = (1 - \theta) p_{1,n} + \theta \quad \text{si} \quad i_{1,n} \quad (2 \text{ a})$$

$$p_{1,n+1} = p_{1,n} - \theta' p_{1,n} = (1 - \theta') p_{1,n} \quad \text{si} \quad i_{2,n} \quad (2 \text{ b})$$

La seconde formulation des équations 2a et 2b fait apparaître que $p_{1,n+1}$ est bien conçue comme une fonction linéaire de $p_{1,n}$. La première formulation de 2a et 2b montre que si i_1 survient à un essai n , la probabilité de la réponse r_1 à l'essai $n + 1$ est égale à la probabilité de cette même réponse à l'essai antérieur, accrue d'une fraction θ de la probabilité de la réponse complémentaire $p_{2,n} = (1 - p_{1,n})$; et si c'est i_2 qui survient, $p_{1,n+1}$ sera alors égal à la probabilité antérieure diminuée d'une fraction θ' . Les deux paramètres θ et θ' traduisent ainsi la rapidité de l'apprentissage.

En raisonnant de proche en proche, on voit comment on peut calculer $p_{1,n}$ pour n'importe quel essai, connaissant $p_{1,1}$ (qui constitue un autre paramètre du modèle) et la série des issues $i_1, i_2, \dots, i_n$. Une simplification fréquemment utilisée a été de poser :

$$\theta = \theta' \quad (3)$$

Ce faisant ⁽¹⁾, on considère que l'occurrence de i_1 ou de i_2 a des effets exactement symétriques sur les probabilités de réponse après la réponse donnée à l'essai n .

Une des prédictions du modèle simplifié avec l'axiome (3) est notamment que p_1 tend à la limite vers π_1 :

$$\lim_{n \rightarrow \infty} p(r_{1,n}) = \pi_1$$

c'est-à-dire qu'il prédit l'ajustement.

(1) Ce modèle simplifié à 2 opérateurs et un paramètre unique θ est appelé « equal α case » dans la terminologie de BUSH et MOSTELLER (1955).

3. *Autres modèles linéaires.*

Du point de vue du mécanisme de la réponse, le modèle de BUSH et MOSTELLER est un modèle stochastique strict, c'est-à-dire qu'il n'introduit aucune hypothèse sur des variables intermédiaires sous-jacentes au choix des sujets. C'est, pour reprendre une expression de RESTLE (1955), un modèle à « processus unique », où les axiomes formulés concernent le passage de la distribution de probabilité sur les réponses à l'essai n à la distribution de probabilité sur les réponses à l'essai $n + 1$, donc le mécanisme d'adaptation. Aucun axiome autre que le postulat fondamental ne concerne le mécanisme de la réponse. D'autres modèles sont plus complexes puisqu'ils invoquent des mécanismes hypothétiques supplémentaires pour rendre compte des choix : la distribution de probabilités sur les réponses est alors une résultante de ces mécanismes au lieu d'être une donnée première ⁽¹⁾. Ils peuvent être dits modèles à « processus multiples » par opposition aux premiers. Cette classe englobe les modèles à états et les modèles de codage des stimulus (cf. ROUANET, 1964; ROUANET et ACKERMANN, 1965).

Il est intéressant de noter que certains modèles de cette deuxième catégorie aboutissent également à une composition de transformations linéaires pour rendre compte de l'évolution survenant au cours de l'apprentissage. D'où l'emploi fréquent de l'expression « modèles linéaires » pour subsumer tous ceux qui font appel à des transformations linéaires sur la distribution des probabilités de réponse, que ce soit directement comme les modèles stochastiques au sens strict ou indirectement par l'intermédiaire de mécanismes hypothétiques engendrant la distribution de probabilités.

Parmi les modèles à processus multiples les plus fréquemment utilisés dans les expériences de choix en situation aléatoire, certains appartiennent à la famille des *modèles d'échantillonnage du stimulus*, qui dérivent tous avec des spécifications diverses d'une même théorie psychologique (ESTES, 1950; voir également ATKINSON et ESTES, 1963). Certains d'entre eux sont des modèles linéaires, et l'un, le modèle des composantes (ESTES, 1950; ESTES et BURKE, 1953; ATKINSON et ESTES, 1963) aboutit exactement aux mêmes transformations linéaires que le

(1) Cette différence entre les modèles stochastiques stricts (à processus unique) et ceux qui cherchent à saisir les mécanismes de la réponse (à processus multiples) a accru l'idée qui apparaît souvent dans la littérature que les premiers ne font appel à aucune hypothèse psychologique à la différence des seconds. Nous avons vu, à propos du modèle de BUSH et MOSTELLER, qu'il n'en était rien.

modèle simplifié de BUSH et MOSTELLER exposé ci-dessus (mais le paramètre θ au lieu de traduire seulement la rapidité de l'apprentissage, reçoit en outre une signification théorique particulière et désigne la proportion d'éléments de la situation stimulus qui sont échantillonnés à chaque essai).

4. *Prédiction de l'ajustement.*

On peut ainsi comprendre comment des modèles fondés sur des axiomes différents peuvent conduire, sur certains points particuliers mais non sur tous, à des prédictions identiques. Ainsi le modèle simplifié de BUSH et MOSTELLER et le modèle des composantes d'ESTES prédisent la même courbe d'apprentissage, et donc évidemment le même niveau asymptotique dans la situation de prédiction classique. Or, de très nombreux modèles prédisent également l'ajustement, qui présentent des différences au niveau des mécanismes stipulés beaucoup plus importantes que les deux modèles que nous venons de citer (FELDMAN et NEWEL, 1961; NORMAN et YELLOTT, 1966).

Ainsi le modèle des configurations à N éléments d'ESTES (1959 b), qui stipule que la probabilité de réponse n'est modifiée qu'aux essais où la réponse est incorrecte (et sinon demeure invariante) prédit l'ajustement tout comme le modèle des composantes qui stipule au contraire du précédent que les modifications surviennent à tous les essais indépendamment de la réponse émise.

A l'époque où les premières études de validation des modèles ont été effectuées, la proportion de résultats expérimentaux en faveur de l'ajustement apparaissait écrasante. Tous les auteurs insistaient alors unanimement sur la capacité de leur modèle à prédire l'ajustement. Depuis, des résultats nouveaux ont mis en évidence des circonstances où il n'est plus la règle. La prédiction de l'ajustement n'est évidemment pas inhérente aux modèles, mais résulte d'axiomes spécifiques ou de valeurs particulières données aux paramètres de ceux-ci. Par exemple, le modèle de base de BUSH et MOSTELLER prédit diverses valeurs asymptotiques en fonction des valeurs des paramètres, tandis que le modèle simplifié où l'on suppose $\theta = \theta'$ prédit un ajustement asymptotique.

Aussi, pour apprécier de façon adéquate la validité d'un modèle donné, il faudrait :

— soit en considérant toujours la probabilité asymptotique de réponse comme l'indice crucial, envisager des situations plus complexes

pour lesquelles les différents modèles aboutiraient à des prédictions divergentes;

— soit multiplier pour chaque modèle les caractéristiques prédites, et en particulier prédire les effets séquentiels, sans élargir l'éventail des situations considérées;

— soit évidemment combiner les deux démarches.

On peut voir un reflet de la première démarche dans la multiplicité des situations de choix envisagées dans le premier ouvrage de BUSH et MOSTELLER (1955). Une difficulté inhérente à cette démarche réside dans le fait qu'un modèle conçu pour rendre compte d'un grand nombre de situations conduit souvent à des écarts plus importants entre prédictions et résultats empiriques qu'un modèle spécifique. La seconde démarche a prévalu sur la première dans la présente décennie, car outre l'économie réalisée au niveau expérimental, elle soulève un certain nombre de problèmes directement liés à l'étude des mécanismes de réponse et d'apprentissage.

Ainsi ANDERSON (1959, 1960, 1964) a beaucoup insisté sur l'idée que l'étude des effets séquentiels est plus féconde que l'étude des probabilités moyennes de réponse : « Ces écarts captent essai par essai les augmentations et diminutions de la réponse, et ainsi donnent la mesure la plus directe de l'action des stimulus renforçateurs » (1964). Ce problème des diverses stratégies dans l'étude des modèles apparaît dès 1959 dans l'ouvrage de BUSH et ESTES, où certains auteurs demandent au modèle de prédire le « grain » du comportement ⁽¹⁾.

5. *Prédiction des effets séquentiels.*

On constate souvent un bon accord entre la courbe d'apprentissage prédite par le modèle et la courbe observée construites l'une et l'autre par blocs d'essais. Que se passe-t-il lorsqu'on élabore ces deux courbes essai par essai et non par blocs ? Il est possible que des écarts importants au niveau moléculaire soient neutralisés par une étude plus globale et n'apparaissent pas. C'est bien ce qu'on peut observer, en effet, comme en témoigne la figure IV-1 empruntée à FLAMENT (1963). Il faut noter toutefois que certains auteurs ont enregistré des concordances très étroites entre des courbes établies essai par essai, et les résultats expérimentaux d'enfants d'âge pré-scolaire ou de sujets animaux.

(1) La deuxième démarche présente l'avantage de constituer des « filtres » successifs. Ainsi MELERA (1966), étudiant deux modèles, en écarte un d'emblée sur la seule base de la non-concordance entre la probabilité asymptotique qui est prédite et celle qui est observée, et procède au calcul de statistique plus fines seulement pour le second.

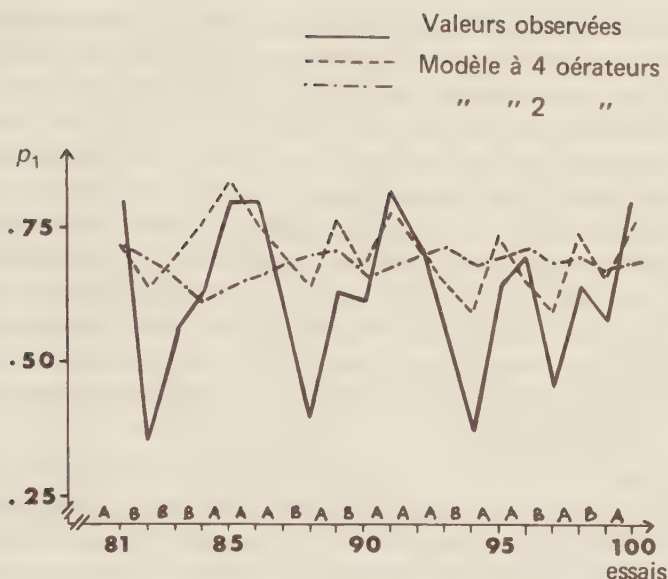


FIGURE IV-1

Valeurs observées de la probabilité de réponse, et valeurs prédites par deux modèles linéaires, aux essais 81-100 d'une expérience où $\pi_1 = 0,70$;
 — en abscisse : rang de l'essai, avec indication de l'issue présentée.
 (d'après FLAMENT, 1963, fig. 5).

Vouloir prédire les valeurs des variables dépendantes beaucoup plus fines que la probabilité moyenne de réponse n'est pas un luxe que s'octroie le chercheur, mais constitue vraiment le test crucial de la validité des hypothèses émises sur les mécanismes en jeu, comme l'a souligné ANDERSON à diverses reprises. Or, tout modèle prédit certains effets séquentiels, puisqu'il relie les modifications concernant les probabilités de réponse à certains événements expérimentaux : mais est-ce bien ceux qui sont observés ?

C'est ainsi que le modèle simplifié à deux opérateurs de BUSCH et MOSTELLER conduit à une divergence flagrante avec les observations puisqu'il prévoit un effet de récence exclusivement positif. Ce phénomène n'est pas limité à ce modèle. Et si l'écart le plus voyant se manifeste par les effets de récence, il en existe de nombreux autres sur lesquels ANDERSON a attiré l'attention, mais qui n'ont pas échappé non plus à d'autres auteurs.

Que ces modèles conduisent à de tels écarts ne saurait surprendre si on considère leurs axiomes. Ainsi les modèles de BUSH et MOSTELLER à deux opérateurs linéaires stipulent que la probabilité de réponse au

début d'un essai donné dépend uniquement de la distribution de probabilités à l'essai précédent et de l'issue qui vient d'être présentée. On a coutume de dire que cette distribution résume ou condense tout le passé expérimental du sujet ⁽¹⁾. De tels modèles sont dits « indépendants du chemin » (*path-independant model*) : la modification de la distribution de probabilités correspondant au début de l'essai n ne peut dépendre que des événements qui surviendront à cet essai. Certes, les événements antérieurs ont contribué à engendrer la présente distribution, mais ceci fait, toute leur efficacité a été absorbée dans cette distribution et ils ne laissent pas d'autres traces. Peu importe que des sujets aient perçu juste avant l'essai n la suite des issues 0000, ou 0110 ou 1111 si au début de cet essai ils ont en commun la même distribution de probabilités.

Il est possible d'élaborer des modèles plus sensibles. Une démarche simple consiste dans ce cas des modèles à opérateurs à multiplier ceux-ci : au lieu d'avoir, par exemple deux opérateurs associés chacun à l'une des issues possibles du dernier essai, on en aura 4, un pour chacune des suites possibles d'issues aux deux derniers essais, ou 8, 16 ... On peut également associer les opérateurs aux réponses antérieures. De telles démarches sont suggérées par BURKE et ESTES (1957) et par STERNBERG (1959 a, b). En se référant à la figure IV-1, on peut constater une divergence moindre entre prédictions et données lorsqu'on accroît le nombre d'opérateurs d'un modèle. D'autres solutions ont été recherchées, notamment par RESTLE dans le modèle déjà cité, dont le mécanisme de réponse stipule que le sujet utilise la longueur de la file constituée par les issues précédentes comme critère de décision (mais son architecture mathématique est beaucoup moins élaborée : pas d'évolution véritable, pas d'équations permettant d'estimer les paramètres).

6. Bilan.

Si de nombreux modèles d'apprentissage élaborés jusqu'à présent peuvent prédire correctement l'évolution des probabilités moyennes de réponse par bloc d'essais et leur niveau asymptotique, la plupart d'entre

(1) Il serait erroné de dire que ces modèles sont indépendants du passé expérimental ou ne l'intègrent pas, puisqu'à un essai donné la distribution de probabilité a été engendrée essai par essai à partir de la distribution initiale en fonction de certains événements expérimentaux. Mais il y a une multiplicité de façons d'aboutir à une même distribution de probabilités. Et si à deux essais distincts la distribution est la même alors que la suite des événements du passé expérimental diffère, la réponse du sujet sera, dans les deux cas, définie de la même façon exclusive par cette distribution.

eux ne semblent pas en mesure de prédire de façon détaillée les caractéristiques séquentielles du comportement des sujets humains. Ceci ne saurait surprendre si on considère que la formalisation introduite par les modèles repose en fin de compte sur des théories ou des hypothèses psychologiques relatives à la situation expérimentale considérée. Or non seulement nous n'avons pas aujourd'hui encore de connaissances précises sur les mécanismes en jeu dans ce type de situation, mais en outre la représentation de ceux-ci, prévalente à l'époque où se sont multipliés ces modèles, était relativement fruste, puisqu'elle se référait à la notion de « conditionnement verbal » pour les expériences de prédiction. Une connaissance précise d'une situation expérimentale est extrêmement souhaitable pour élaborer des modèles appropriés afin de circonscrire au maximum le très vaste ensemble des axiomes concevables.

BOGARTZ (1965) obtient pour 18 statistiques séquentielles une concordance satisfaisante entre des résultats d'enfants d'âge préscolaire et les prédictions calculées à partir d'un modèle linéaire à deux opérateurs (un modèle de BUSH et MOSTELLER qui, à la différence des deux modèles déjà cités, tient compte de l'exactitude ou de l'inexactitude des réponses). On a pu de même, avec des rats, faire appel à des modèles faisant apparaître pas ou peu de divergences pour les nombreuses statistiques envisagées (GALANTER et BUSH, 1959; MELERA, 1966). On voit que la ligne de clivage entre certaines populations de sujets qui apparaît dans les résultats expérimentaux coïncide avec le type de clivage établi à propos de la validité des modèles mathématiques.

C'est précisément la capacité de certains modèles mettant en jeu des mécanismes psychologiques très simples de type S-R de prédire les caractères séquentiels des choix de certaines populations de sujets, mais non ceux des choix d'adultes (ou d'enfants d'âge scolaire) humains, qui est instructive. On peut supposer que, chez ces derniers, si aucun des mécanismes simples d'apprentissage que l'on peut concevoir ne décrit exactement le comportement, c'est que les choses sont plus complexes. Et qu'elles le sont par suite de l'intervention d'autres facteurs, tels que des habitudes pré-expérimentales ou des activités cognitives.

VI. — Conclusions

Une remarque préalable nous paraît découler de l'examen auquel nous venons de procéder : les très nombreuses recherches expérimen-

tales (nous n'en avons cité qu'un petit nombre) focalisées sur le problème ajustement-stratégie pure n'ont pas apporté une information proportionnelle à leur nombre. On a abouti à la constitution d'un très vaste catalogue de situations conduisant ou non à l'ajustement, ce qui est certes fort précieux, mais sans que notre connaissance du comportement en situation aléatoire ait beaucoup progressé. Cet état de chose nous paraît résulter notamment de la tentative faite pour isoler un problème particulier et tenter de le résoudre en ajournant (ou en pré-jugeant de) la réponse à apporter à d'autres problèmes, comme ceux liés aux mécanismes de décision et d'apprentissage. Nous admettons bien volontiers que le problème ajustement-stratégie pure est crucial : mais s'il en est ainsi, on ne saurait le résoudre sans résoudre en même temps de nombreux autres problèmes qui lui sont connexes. Faire abstraction de ceux-ci n'est peut-être pas la voie la plus directe.

On peut schématiquement distinguer deux grandes orientations dans la problématique des travaux cités au cours de ce chapitre :

— l'une, que nous qualifierons de cognitive ⁽¹⁾, qui invoque une sorte de rationalité à laquelle obéiraient les comportements envisagés; ceux-ci reçoivent de ce fait une justification logique, qui suffit à en rendre compte.

— l'autre, issue des théories S-R, qui considère les phénomènes étudiés comme une résultante de l'intervention de mécanismes hypothétiques reliés à des variables observables.

Les démarches par lesquelles on « explique » un phénomène ne sont pas du tout du même ordre. En outre, les aspects du comportement qui sont appréhendés comme objet d'étude ne sont pas toujours identiques. Ainsi, dans une perspective S-R, on s'intéresse tout naturellement au mécanisme de l'apprentissage et au mécanisme de la réponse, et on tente de prédire tout aspect du comportement exprimable en termes de probabilité de réponse; mais d'autres aspects sont généralement ignorés, comme les hypothèses des sujets sur le mécanisme qui engendre des issues ou leurs « calculs » éventuels pour déterminer la stratégie à adopter. Par contre, dans la perspective cognitive, il s'agit beaucoup plus d'interprétations a posteriori de certains aspects du comportement qui font problème, que de prédictions d'aspects généraux de comportement; son domaine d'intervention est ainsi circonscrit à quelques thèmes bien précis, comme le non-emploi de la stratégie

(1) Ce faisant, nous nous conformons à une pratique usuelle dans la littérature; mais les hypothèses regroupées sous ce terme ne se réfèrent guère à la théorie cognitive de TOLMAN.

pure ou les effets négatifs de récence. Et c'est précisément les éléments de la conduite ignorés par les théories S-R, hypothèses et « calculs » des sujets, qui constituent son matériau privilégié.

Si maintenant on envisage de façon plus spécifique les activités des sujets, prises en considération par les uns et ignorées par les autres, on aboutit à une constatation qui soulève un problème : les rapports verbaux des sujets témoignent de l'intervention de nombreuses activités cognitives, mais celles-ci n'apparaissent guère dans l'analyse des réponses, comme c'est le cas dans diverses situations de résolution de problème; on observe des effets séquentiels caractéristiques et généraux dont on perçoit mal la relation avec les démarches de pensée qui sont rapportées. On peut envisager deux façons de répondre à cette contradiction :

a) Les réponses ne reflètent guère les activités cognitives des sujets parce qu'au lieu d'effectuer des choix successifs conformément aux hypothèses émises pour tester celles-ci, les sujets répondent en fonction d'habitudes pré-expérimentales communes à tous ou à la majorité, ou en fonction de critères de décision suggérés de façon contraignante par la situation. Malgré la diversité des activités cognitives mises en jeu par chacun d'eux, certains des caractères de la série des événements à prévoir feraient l'objet d'un apprentissage incident. L'évolution des probabilités de réponse reflèterait alors celui-ci, et non les activités cognitives élaborées pour discerner d'éventuelles règles dans la succession. Un tel mécanisme ne soulève même pas la question préalable de la possibilité d'un tel apprentissage incident, qui est acquise ⁽¹⁾. Dans ces conditions, les activités cognitives ne seraient qu'une sorte d'épiphénomène sans incidence ni sur le processus d'apprentissage sous-jacent qui se développerait de façon autonome par rapport à elles, ni sur le mécanisme de décision.

b) On peut supposer au contraire que les activités cognitives se répercutent sur les choix successifs, mais que l'expérimentateur ne les détecte pas, soit que leur complexité et leur diversité sont masquées par des modes de comportement communs à tous les sujets, soit qu'étant identiques chez tous dans une même situation parce que suggérées par la nature de la série utilisée, l'expérimentateur n'a pas fait appel à des séries suffisamment hétérogènes pour les faire apparaître. On admet

(1) Pour ne citer que les premières études faisant état dans la présente situation d'un apprentissage incident : WICKOFF et SIDOWSKI (1955) dans une tâche de poursuite; J.J. GOODNOW (1955 a) dans une tâche de résolution de problème; R.E. GOODNOW (1954, cité par BRUNER et col., 1956) dans une tâche d'identification de concepts.

alors que ni le mécanisme de décision, ni le mécanisme d'adaptation, ne sont indépendants de ces activités cognitives.

Nous nous proposons d'explorer cette deuxième possibilité dans les prochains chapitres, car elle permet d'intégrer les activités cognitives sans abandonner la problématique d'un apprentissage S-R. Mais nous les rechercherons moins dans les rapports verbaux des sujets, qu'à travers l'analyse de leurs choix successifs et plus spécifiquement à travers les effets séquentiels. C'est qu'en effet, en analysant les réponses obtenues lors d'un entretien post-expérimental, on est facilement conduit à réserver le terme cognitif à ces activités nobles que sont la formulation d'hypothèses et le calcul d'une stratégie.

Or, il n'est pas du tout assuré que tous les sujets avancent hypothèse sur hypothèse : il est en tout cas beaucoup plus assuré qu'ils tentent de discerner s'il n'existerait dans la succession des issues quelque régularité, quelque principe qui les rendent au moins partiellement prédictibles. C'est qu'en effet, dans des expériences portant sur la succession, le champ des hypothèses possibles est beaucoup moins nettement circonscrit que dans d'autres expériences (dans les expériences d'identification de concepts, les diverses combinaisons possibles entre attributs du matériel ou modalités des attributs peuvent suggérer plus aisément des hypothèses aux sujets).

Soulignons enfin que, tant dans une perspective cognitive que dans une perspective S-R, les chercheurs se sont intéressés beaucoup plus aux aspects molaires du comportement qu'à des aspects moléculaires; dans les deux cas, on observe une même inaptitude à rendre compte des effets séquentiels par exemple. Les probabilités moyennes de réponse n'étant qu'une résultante des probabilités conditionnelles de réponse extrêmement différenciées, une connaissance véritable de mécanisme de décision doit en priorité prendre en considération ces dernières. C'est pourquoi, dans les prochains chapitres, qui constituent la seconde partie de ce travail, nous rapporterons des expériences faisant appel à une règle aléatoire complexe (règle markovienne) de présentation des issues : en constituant des séries beaucoup plus hétérogènes, on peut espérer obtenir une information plus riche que celle que nous avons mentionnée jusqu'ici. Et en faisant apparaître des critères de décision plus diversifiés, on se donne des chances plus grandes de mettre en évidence une éventuelle incidence des mécanismes de décision par le mécanisme de l'apprentissage.

DEUXIÈME PARTIE

CHAPITRE V

PRÉDICTIONS AVEC UNE RÈGLE ALÉATOIRE COMPLEXE DE PRÉSENTATION DES ISSUES

I. — Raisons d'un changement de procédure

1. *Règle de présentation des issues et mécanisme de décision.*

Dans les chapitres antérieurs, nous avons considéré des expériences réalisées avec une règle aléatoire simple de présentation des issues; rappelons qu'en pareil cas, la probabilité d'apparition des issues demeure constante tout au long de l'expérience, que ce soit le rang de l'essai ou la suite des issues apparues antérieurement. Or les effets séquentiels témoignent d'un comportement non adapté à cette caractéristique des séries aléatoires simples. En tenant compte des dernières issues présentées dans la détermination de leurs choix, les sujets agissent comme s'il existait d'essai en essai des fluctuations locales de probabilités. Le mécanisme de décision des sujets fait donc appel à des critères de décision qui semblent plus appropriés à une règle aléatoire complexe. On peut être tenté tout naturellement d'utiliser cette dernière règle, qui semble plus conforme au comportement spontané. En outre, par la diversité des dépendances séquentielles que l'on peut introduire dans la série des issues, on pourra étudier la possibilité d'un apprentissage de règles de présentation conformes ou opposées aux « habitudes pré-expérimentales » telles qu'elles se manifestent dans les effets négatifs de récence par exemple.

2. La règle de présentation markovienne (aléatoire complexe).

Rappelons (Cf. I-III-1 d) que dans une règle de présentation aléatoire complexe, ou processus markovien, la probabilité d'apparition d'un événement à l'essai n dépend du dernier événement paru, ou des deux derniers, des trois derniers, etc... Le nombre k d'événements ayant à chaque essai une incidence sur la probabilité de l'événement suivant définit l'ordre de la règle de présentation, et la suite des événements ainsi engendrés constitue une chaîne markovienne d'ordre k . Nous avons examiné antérieurement des règles d'ordre 0, ou règles non-markoviennes, tandis que les expériences rapportées dans ce chapitre font appel à des règles markoviennes d'ordre 1. Nous mentionnons ci-dessous (tableau V-1) quatre matrices de transition correspondant à deux processus aléatoires simples (non-markovien ou markovien d'ordre 0) et à deux processus markoviens d'ordre 1 (ces matrices correspondent à des données de ENGLER, 1958).

TABLEAU V-1

Quatre matrices de transition; les matrices a et b correspondent à un processus non-markovien, les matrices a bis et b bis à un processus markovien; les mêmes probabilités marginales apparaissent en a et a bis (où les deux événements sont équiprobables) d'une part, en a et b bis d'autre part.

Matrice a					Matrice b				
essai n					essai n				
A B					A B				
essai n - 1	A	0,5	0,5	0,5	essai n - 1	A	0,25	0,75	0,25
	B	0,5	0,5	0,5		B	0,25	0,75	0,75
	0,5	0,5	1	0,25		0,75	1		

Matrice a bis					Matrice b bis				
essai n					essai n				
A B					A B				
essai n - 1	A	0,25	0,75	0,5	essai n - 1	A	0,7	0,3	0,25
	B	0,75	0,25	0,5		B	0,1	0,9	0,75
	0,5	0,5		0,25		0,75	1		

A l'intersection d'une ligne et d'une colonne figure dans ces matrices la probabilité que se réalise A ou B après la réalisation antérieure d'un événement défini : il s'agit là de probabilités *conditionnelles*, ou plus spécifiquement de probabilités *de transition (de passage)*. Les valeurs extérieures à la matrice mentionnent la probabilité d'apparition de A ou de B lorsqu'on fait abstraction de leur antécédent à un essai donné; ou encore la fréquence des A et des B dans une longue suite d'événements engendrés par ce processus. Ces valeurs non-conditionnelles sont dites probabilités *marginales* (à cause de leur localisation dans la matrice) ou encore probabilités *moyennes* (parce qu'elles doivent obéir à l'axiome des probabilités composées, qui exprime toute probabilité comme égale à une moyenne pondérée de probabilités conditionnelles; ainsi la probabilité de B est égale à la probabilité d'observer B après A, pondérée par la probabilité non conditionnelle de A, plus la probabilité d'observer B après B, pondérée par la probabilité non-conditionnelle de B).

En consultant le tableau V-1, on peut constater aisément que dans les matrices *a* et *b* correspondant à un processus non-markovien, la probabilité d'un événement n'est pas affectée par l'événement antérieurement réalisé; toutes les probabilités de transition portées dans une même colonne sont égales entre elles et égales à la probabilité marginale moyenne; par contre, dans les matrices *a bis* et *b bis* correspondant à un processus markovien d'ordre 1, les probabilités de transition de A vers A et de B vers A sont différentes, l'une supérieure et l'autre inférieure à la probabilité moyenne marginale.

Nous noterons les probabilités moyennes comme précédemment, par $p(r_j) = p_j$ s'il s'agit des réponses, et par $p(i_k) = \pi_k$ s'il s'agit des issues. D'une manière générale, on notera la probabilité de transition de A vers B, ou de façon équivalente la probabilité conditionnelle de B si A, par $p(B|A)$. Par souci de brièveté, on désignera les probabilités moyennes des réponses et les probabilités moyennes des issues respectivement par PMR et PMI; les probabilités des réponses et les probabilités des issues, conditionnelles sur l'issue précédente (ou les issues précédentes), respectivement par PCR et PCI.

3. *Problèmes envisagés avec une règle markovienne de présentation des issues.*

Dans la deuxième partie de cet ouvrage, marquée par un changement dans la règle de présentation des issues, on se propose moins

d'étudier des problèmes entièrement nouveaux que des problèmes plus spécifiques mais situés dans le prolongement de certaines questions formulées antérieurement. En effet, en manipulant l'ordre et la valeur des probabilités de transition, on peut constituer des séries d'issues extrêmement diverses et présentant des caractères structuraux bien définis (par exemple répétitions, alternances simples, alternances plus complexes...), ce qui présente divers intérêts :

a) La diversité des séries possibles permettra de mieux discerner les caractères de la série utilisés comme critère de décision par les sujets, notamment en faisant varier les probabilités de transition à ordre constant.

b) En faisant varier l'ordre des probabilités de transition, il sera possible d'étudier le rôle des traces des événements du passé expérimental proche, c'est-à-dire l'extension de la mémoire à court terme.

c) On pourra chercher l'incidence sur le mécanisme d'apprentissage des critères de décision utilisés (s'ils constituent un ensemble pourvu d'une structure, on parlera de modes de codage) et de la quantité d'information que doit intégrer la mémoire.

d) On peut espérer acquérir ainsi une connaissance véritable du mécanisme d'apprentissage. Par exemple, si l'« apprentissage des probabilités » repose sur un apprentissage associatif élémentaire comme l'hypothèse en a été émise, les sujets devraient discriminer sans aucune distorsion des probabilités de transition d'ordre 1.

e) Enfin, dans une série markovienne d'ordre k la stratégie optimale consiste à prédire celle des issues qui a la probabilité de transition la plus élevée étant donné la suite des k dernières issues présentées; or, l'issue « conditionnellement majoritaire » peut différer suivant la nature de la suite antécédente, de sorte que la stratégie optimale ne coïncide pas automatiquement avec une stratégie pure. On se rappelle que pour rendre compte du non-emploi de la stratégie optimale dans les séries non-markoviennes, on a invoqué des facteurs qui traduisent en fait des résistances à l'emploi de la stratégie pure (utilité de la variation de SIEGEL, monotonie ...). Si de tels facteurs sont bien déterminants, alors ils ne sauraient constituer d'obstacles à l'adoption de la stratégie optimale avec des séries markoviennes.

4. *Premières expériences réalisées avec une règle markovienne de présentation des issues.*

La première expérience rapportée est celle de HAKE et HYMAN (1953), déjà citée, réalisée selon un plan factoriel 2×2 , avec deux valeurs pour la probabilité moyenne de l'issue majoritaire (PMI), et pour chacune d'elles, une règle de présentation non-markovienne ou markovienne d'ordre 1. Malheureusement, le mode de dépouillement adopté, fondé sur le calcul de l'entropie, véhicule peu d'information pour notre propos; il fait apparaître une réduction de l'incertitude moyenne par réponse lorsqu'on considère l'issue ou les deux issues antérieures, ce qui indique que les sujets répondent de façon différentielle à la dernière issue ou aux deux dernières, sans qu'on puisse conclure que les sujets se sont adaptés ⁽¹⁾ aux probabilités conditionnelles d'ordre 1 entre les issues (PCI).

ANDERSON (1960) constitue 11 séries de deux issues dans lesquelles la probabilité moyenne demeure constante, avec $\pi_1 = 0,50$, tandis que les probabilités d'ordre 1 varient : la probabilité de transition de i_1 vers i_1 prend les valeurs : 0, 0,10, 0,20 ... 0,90, 1. En manipulant ainsi la probabilité que i_1 soit répétée, on engendre des séries comportant peu ou beaucoup de files de i_1 , et de la même façon ⁽²⁾, peu ou beaucoup de files de i_2 ; ainsi la série possède un caractère plus ou moins marqué de répétition ou au contraire d'alternance. On a rapporté dans la figure V-1 la probabilité avec laquelle est prédite l'issue qui vient d'être présentée, i_1 ou i_2 (il s'agit de la probabilité de réponse d'ordre 1 conditionnelle sur la dernière issue, $p(r_{1,n} | i_{1,n-1})$ ou $p(r_{2,n} | i_{2,n-1})$).

Deux conclusions distinctes s'imposent sans ambiguïté. D'une part, et d'une manière générale, les sujets ont adapté les probabilités conditionnelles de réponse d'ordre 1 aux probabilités de transition entre les issues de même ordre. D'autre part, une lecture plus attentive montre qu'on n'observe pas un ajustement conditionnel strict (ce qui se tra-

(1) Nous employons le terme « s'adapter » sans nous référer à aucun mécanisme hypothétique, pour désigner simplement le fait que les probabilités de réponse conditionnelles sur la dernière issue présentée s'écartent de la probabilité moyenne de l'issue prédite dans la direction d'un ajustement conditionnel (mais il peut s'agir d'un sous-ajustement conditionnel ou d'un sur-ajustement conditionnel).

(2) Il s'agit d'un cas particulier qui se manifeste seulement lorsque les probabilités moyennes de deux événements sont égales; en effet, dans la matrice correspondant à ce cas, la somme des probabilités de transition doit être égale à 1, non seulement dans chaque ligne mais aussi dans chaque colonne.

duirait par un alignement des points expérimentaux selon la diagonale) : une fonction sigmoïde relie les PCR aux PCI avec un sous-ajustement conditionnel en deçà d'une valeur approximativement égale à 0,25, et un surajustement conditionnel au-delà. Des analyses complémentaires font apparaître la présence d'effets séquentiels plus étendus, liés aux issues des quatre derniers essais.

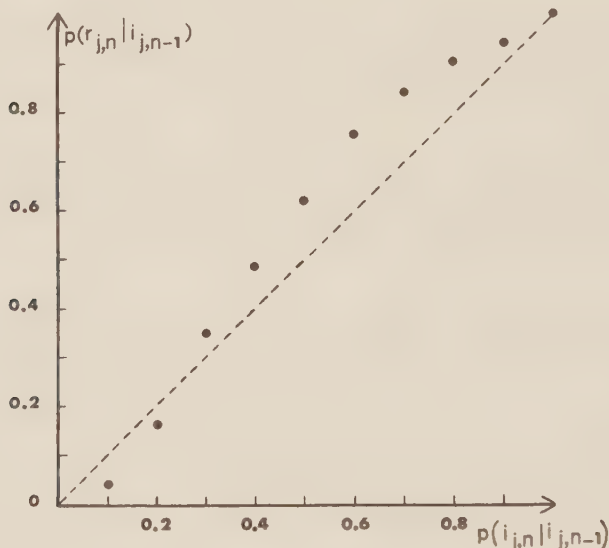


FIGURE V-1

Probabilités des réponses de répétition : représentation des données de la table I d'ANDERSON (1960) pour les essais 201-300.

ENGLER (1958) utilise un plan factoriel 2×5 , avec deux valeurs (0,5 et 0,75) pour π_1 , probabilité moyenne des i_1 , et 5 valeurs (0,1; 0,25; 0,5; 0,7; 0,9) pour la probabilité de transition de i_1 vers i_1 . On observe les mêmes résultats que dans l'expérience précédente, non seulement dans les conditions où les deux issues sont équiprobables, mais également dans celles où l'une des issues est majoritaire. L'ajustement moyen est réalisé dans toutes les conditions, tout comme lorsqu'on utilise une règle de présentation aléatoire simple. Une analyse de variance portant sur les p_1 ne fait pas apparaître d'effet significatif des valeurs des PCI, tandis qu'il existe une interaction significative entre les deux facteurs du plan, π_1 et $p(i_{1,n} | i_{1,n-1})$. Ce dernier résultat nous interdit de conclure que les PMR sont totalement indépendantes des PCI.

II. — Examen de nouveaux facteurs intervenant dans les prédictions avec une règle markovienne : L'expérience IV

1. *Buts de l'expérience.*

L'expérience IV fait appel à six matrices de transition 3×3 permettant d'engendrer des séries markoviennes d'ordre 1 de trois issues, afin d'étudier les problèmes suivants :

a) Lorsqu'on élabore des séries aléatoires de deux issues, on ne peut accroître la fréquence des suites répétitives sans réduire celle des suites en alternance simple, et vice-versa; dans ces conditions il n'est guère possible de dissocier véritablement l'incidence sur le comportement de ces deux types de patterns. Par contre cela devient possible avec trois issues ou plus; on fera l'hypothèse que si la série comporte des suites fréquentes en alternance simple d'issues x et y , par suite des probabilités de transition élevées de x vers y et de y vers x , on observera un surajustement conditionnel pour les probabilités conditionnelles de réponse correspondant à ces deux transitions.

b) Si l'hypothèse précédente est vérifiée, les matrices 3×3 adoptées doivent permettre de faire apparaître deux types indépendants d'écarts systématiques entre les PCR et les PCI correspondantes; l'un sera associé aux répétitions comme dans les expériences d'ENGLER (1958) et d'ANDERSON (1960), l'autre aux alternances simples. S'il est vrai que les probabilités moyennes de réponse ne sont que la résultante de l'adaptation plus ou moins étroite aux dépendances séquentielles de la série d'issues, ces écarts systématiques peuvent n'être point compensés et engendrer un non-ajustement moyen. Dans ces conditions la possibilité d'un non-ajustement moyen dépendra de la répartition dans la matrice de transition entre issues des transitions correspondant à des écarts systématiques.

c) Dans la mesure où les effets séquentiels peuvent coïncider avec des hypothèses des sujets sur les caractères de la série susceptibles d'être corrélés avec les issues, on peut se demander si on n'observera pas une restriction de l'extension des effets séquentiels dans une série markovienne d'issues d'ordre 1. Pour renforcer cette possibilité on fera appel à des probabilités de transition de valeur égale à 0 ou 1.

2. *La situation expérimentale.*

a) *Le plan d'expérience.*

Il comporte six conditions expérimentales correspondant respectivement aux six matrices de transition du tableau V-2. Les trois issues possibles sont constituées par les couleurs bleu, jaune, vert, et seront désignées par i_B , i_J , i_V . Ces trois issues sont équiprobables dans les groupes A, B et C, mais non dans les groupes A bis, B bis et C bis. On a favorisé l'alternance entre Jaune et Bleu, en affectant une probabilité élevée à la transition Jaune vers Bleu. On notera qu'une même valeur de la probabilité de transition x vers y , présente deux fois dans une même matrice ou une fois dans deux matrices distinctes, peut correspondre à un nombre différent de couples $x y$ (tableau V-2).

b) *La constitution des séries d'issues.*

Une seule série de 420 issues fut constituée pour chaque condition expérimentale (passation collective). Pour chaque matrice, on a calculé l'espérance mathématique du nombre de files fermées de k Bleus, k Jaunes, k Verts. On a calculé également l'espérance du nombre de suites comportant k Jaunes et k' Bleus en alternance simple. On a procédé ensuite à une répartition des files fermées et des suites en alternance simple entre les 7 blocs de 60 essais de façon à ce que dans chacun d'eux apparaissent des files et des suites brèves et longues. Ce travail préliminaire a permis d'imposer des restrictions précises au tirage au sort réalisé pour constituer les séries effectives. De cette façon, le nombre de transitions stipulé par les matrices du tableau V-2 est respecté bloc par bloc dans chaque série (lorsque ce nombre est égal à 7,5 par ex., on a pris alternativement 7 et 8 pour les blocs successifs).

c) *La procédure expérimentale.*

Chaque série fut enregistrée sur une bande magnétique à la cadence d'un nom de couleur toutes les 5 secondes. Aucun stimulus n'ayant été enregistré pour marquer le début de chaque essai, le mot de rang n dans la série remplissait la double fonction d'issue de l'essai n , et de signal préparatoire pour l'essai suivant. Les sujets notaient leurs choix par l'initiale du nom de la couleur prédite sur une carte mécanographique comportant 11 lignes de 40 cases chacune, à raison d'une réponse par case. Un système de cache permettait de masquer successivement

TABLEAU V-2

Expérience IV. — Matrices des probabilités de transition d'ordre un entre les issues par blocs de 60 issues. Entre parenthèses : les effectifs correspondant aux probabilités.

(En ligne : issue de l'essai $n - 1$; en colonne : issue de l'essai n .)

Groupe A					Groupe A bis				
	J	B	V			J	B	V	
J	0,10 (2)	0,80 (16)	0,10 (2)	0,33 (20)	J	0,10 (2)	0,80 (16)	0,10 (2)	0,33 (20)
B	0,45 (9)	0,10 (2)	0,45 (9)	0,33 (20)	B	0,45 (13,5)	0,35 (10,5)	0,20 (6)	0,50 (30)
V	0,45 (9)	0,10 (2)	0,45 (9)	0,33 (20)	V	0,45 (4,5)	0,35 (3,5)	0,20 (2)	0,17 (20)
	0,33 (20)	0,33 (20)	0,33 (20)	1 (60)		0,33 (20)	0,50 (30)	0,17 (10)	1 (60)
Groupe B					Groupe B bis				
	J	B	V			J	B	V	
J	0 (20)	1 (20)	0 (20)	0,33 (20)	J	0 (20)	1 (20)	0 (20)	0,33 (20)
B	0,50 (10)	0 (20)	0,50 (10)	0,33 (20)	B	0,50 (15)	0,25 (7,5)	0,25 (7,5)	0,50 (30)
V	0,50 (10)	0 (20)	0,50 (10)	0,33 (20)	V	0,50 (5)	0,25 (2,5)	0,25 (2,5)	0,17 (10)
	0,33 (20)	0,33 (20)	0,33 (20)	1 (60)		0,33 (20)	0,50 (30)	0,17 (10)	1 (60)
Groupe C					Groupe C bis				
	J	B	V			J	B	V	
J	0 (20)	1 (20)	0 (20)	0,33 (20)	J	0 (10)	1 (10)	0 (10)	0,17 (10)
B	0,25 (5)	0 (20)	0,75 (15)	0,33 (20)	B	0,25 (5)	0,25 (5)	0,50 (10)	0,33 (20)
V	0,75 (15)	0 (20)	0,25 (5)	0,33 (20)	V	0,16 (5)	0,16 (5)	0,66 (20)	0,50 (30)
	0,33 (20)	0,33 (20)	0,33 (20)	1 (60)		0,17 (10)	0,33 (20)	0,50 (30)	1 (60)

chacune des réponses. Sur la bande magnétique, une sonnerie retentissait tous les 40 mots, suivie par un intervalle de 20 secondes, afin de faciliter le changement de ligne sur la carte de réponses. Les sujets avaient reçu l'instruction impérative de changer de ligne aussitôt après, et seulement après, l'audition de cette sonnerie. Ceci répondait au double but de pouvoir détecter lors de dépouillement des décalages éventuels entre la série des issues et la série des prédictions, et de permettre aux sujets à qui cela surviendrait de se « recycler ».

d) *Les instructions.*

Outre des informations neutres sur la tâche et des recommandations pour éviter les décalages, les consignes donnaient des indications partielles sur la nature de la série (suggérant le caractère markovien de la série mais sans indiquer un ordre particulier pour les probabilités conditionnelles).

« Chaque couleur dictée par le magétophone vous permet bien sûr de vérifier si la prédiction que vous venez juste de faire est exacte ou inexacte. Je vous signale toutefois qu'il est impossible de trouver chaque fois la bonne réponse, qu'il est impossible de faire une prédiction exacte à tous les coups. N'ayez pas trop de dépit si vous vous trompez. Il n'existe aucun truc qui permette de trouver à tous les coups la bonne réponse.

« Cependant, vous pouvez parvenir à augmenter progressivement le pourcentage de bonnes réponses, à obtenir plus de bonnes réponses que par la chance. Pour cela, voici une information importante.

« Il faut que vous soyez très attentifs, afin de découvrir si, dans les différents cas que l'on peut rencontrer, l'une des trois couleurs n'a pas une probabilité plus grande d'apparaître, ou inversement, si l'une des trois couleurs n'a pas une probabilité moins grande d'apparaître. Par exemple, après la couleur x , il se peut qu'on observe en général plus souvent la couleur z . Ou bien encore, il se peut qu'après la succession de couleur xyz , on observe exceptionnellement la couleur x .

« Soyez attentifs à la manière dont les couleurs se succèdent entre elles.

« Avez-vous bien compris ?

« Nous allons commencer. Il faudra vous efforcer de faire, sur l'ensemble de la série, le plus grand nombre possible de prédictions exactes ».

e) *Les sujets.*

Les sujets furent des étudiants en première année de psychologie, n'ayant aucune connaissance de ce type de situation, et volontaires pour participer à une expérience d'une durée d'une heure.

3. *Les résultats.*

a) *Remarque préalable.*

Des décalages sont intervenus chez quelques sujets dans la plupart des groupes, le plus souvent en début d'expérience mais jamais à la fin. Aussi les analyses relatives au comportement au dernier bloc d'essais portent sur l'effectif total de chaque groupe, tandis que les analyses concernant l'évolution du comportement portent sur le sous-ensemble de sujets ayant donné à tous les blocs le nombre requis de prédictions sans aucun décalage. L'effectif total n et l'effectif restreint n' de chaque groupe sont les suivants :

Groupe	A	$n = 16$	$n' = 16$
	B	$n = 17$	$n' = 13$
	C	$n = 18$	$n' = 15$
	A bis	$n = 27$	$n' = 22$
	B bis	$n = 17$	$n' = 14$
	C bis	$n = 22$	$n' = 19$

b) *Probabilités moyennes (marginales) de réponse.*

Les PMR au dernier bloc (essais 361-420) sont indiquées dans le tableau V-3 (en bas des colonnes). On a reporté dans la figure V-2 l'évolution de bloc en bloc de ces probabilités pour les seuls groupes A bis, B bis, C bis, groupes ayant opéré avec une série d'issues non-équiprobables.

Le fait intéressant est que l'évolution des PMR est à peu près stabilisée dans tous les groupes bien avant la fin de l'expérience, tandis qu'un ajustement moyen n'est pas atteint dans les groupes C, A bis et B bis. Or toutes les expériences antérieures réalisées avec 3 issues et une règle de présentation non-markovienne font état d'un surajustement pour l'issue la plus fréquente (cf. II-IV-5) : si le groupe A bis se conforme à ce résultat c'est au contraire un sous-ajustement qui apparaît en B bis. Ce sous-ajustement ne peut être attribué à un nombre insuffisant d'essais, puisque dans les groupes A bis et C bis un ajustement

précis est atteint dès le troisième bloc (en outre dans le groupe C l'ajustement le plus étroit est observé au premier bloc, les probabilités moyennes de réponse divergeant ensuite).

TABLEAU V-3

Expérience IV. — Probabilités de réponse conditionnelles sur l'issue de l'essai précédent (ordre 1).

(En ligne : issue de l'essai $n - 1$; en colonne : réponse à l'essai n .)

<i>Groupe A</i> ($n = 16$)					<i>Groupe A bis</i> ($n = 27$)				
	J	B	V			J	B	V	
J	7,5	80,3	12,2	0,33	J	13,3	73,9	12,8	0,33
B	62,5	8,8	28,8	0,33	B	38,6	46,5	46,5	0,50
V	28,4	19,1	52,5	0,33	V	35,2	44,1	20,7	0,17
	32,8	36,0	31,2	1		29,6	55,2	15,2	

<i>Groupe B</i> ($n = 17$)					<i>Groupe B bis</i> ($n = 17$)				
	J	B	V			J	B	V	
J	0,6	97,7	1,8	0,33	J	2,8	91,1	6,1	0,33
B	67,4	0,9	31,8	0,33	B	63,7	20,6	15,8	0,50
V	31,4	2,5	66,1	0,33	V	41,1	31,1	27,8	0,17
	33,1	33,2	33,7	1		39,7	45,8	14,5	1

<i>Groupe C</i> ($n = 18$)					<i>Groupe C bis</i> ($n = 22$)				
	J	B	V			J	B	V	
J	0,6	92,4	7,1	0,33	J	2,7	83,6	13,6	0,17
B	22,9	0,9	76,2	0,33	B	35,2	41,1	23,6	0,33
V	58,5	7,9	33,5	0,33	V	5,5	10,3	84,2	0,50
	27,4	33,4	38,9	1		14,9	32,8	52,3	1

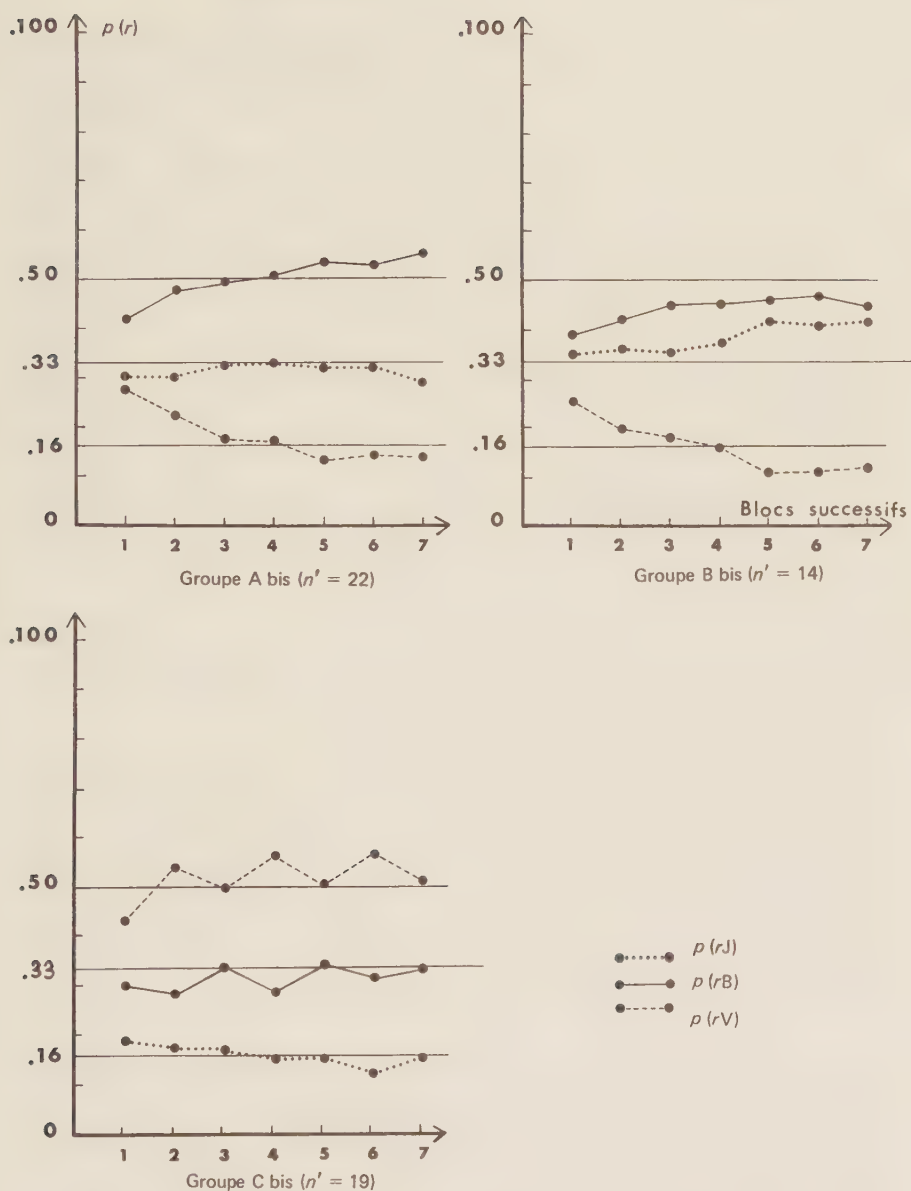


FIGURE V-2

Expérience IV : Evolution des probabilités moyennées de réponse par blocs successifs de 60 essais dans les groupes A bis, B bis et C bis; les traits horizontaux correspondent à la probabilité moyenne des trois issues.

c) Les probabilités conditionnelles de réponse d'ordre 1.

Les PCR d'ordre 1 sont mentionnées dans le tableau V-3 pour le dernier bloc (à l'intérieur des cases). Leur évolution de bloc en bloc a été reportée dans la figure V-3 pour le seul groupe B, à titre d'exemple.

Disons brièvement que cette évolution paraît souvent se poursuivre encore lors des derniers blocs, alors que les PMR sont approximativement stabilisées. Cependant cette observation ne permet pas de conclure que l'adaptation aux PMI est réalisée antérieurement et donc indépendamment de l'adaptation aux PCI, car les probabilités conditionnelles sont calculées sur un plus petit nombre de valeurs et sont donc de ce fait plus sensibles aux variations systématiques ou aléatoires entre blocs. En outre pour les groupes A bis, B bis et C bis, où les issues ne sont pas équiprobables, on a recherché dans le premier bloc et dans la première moitié du premier bloc si les PCR étant donné un antécédent défini s'ordonnent conformément aux PMI avant l'apparition d'une ordination conforme aux PCI; les résultats contradictoires de cette analyse ne permettent pas d'affirmer que l'adaptation aux PMI précède l'adaptation aux PCI.

La comparaison du tableau V-3 au tableau V-2 permet de constater qu'en première approximation la matrice des PCR reflète la matrice des PCI; cependant il existe des écarts très importants :

— en ce qui concerne la prédiction de la précédente issue parue (cases de la diagonale), les présents résultats sont à première vue conformes à ceux d'ANDERSON (1960) : surajustement conditionnel pour les PCI élevées, sous-ajustement conditionnel pour les PCI faibles, avec une zone d'indifférence aux alentours de 0,20. Cependant l'importance de l'écart entre PCR et PCI n'est pas indexée de façon régulière sur la valeur des PCI; ainsi pour des PCI égales à 0,50, 0,45 et 0,25, on enregistre respectivement des PCR égales à 0,66, 0,52 et 0,45 (groupes B, A et C bis).

— en ce qui concerne les réponses Jaune consécutives à l'issue Bleu (première case de la deuxième ligne), en rapport avec les suites en alternance simple de Bleu et de Jaune, la relation entre PCR et PCI est encore moins régulière que précédemment pour les répétitions. Ainsi, lorsque la PCI de Jaune si Bleu est égale à 0,50, on observe un surajustement très marqué (groupes B et B bis); lorsqu'elle est égale à 0,45, on observe un surajustement très marqué (groupe A) ou un sous-ajustement marqué (groupe A bis); et lorsqu'elle est égale à 0,25, un sous-ajustement léger (groupe C) ou un surajustement marqué (groupe C bis).

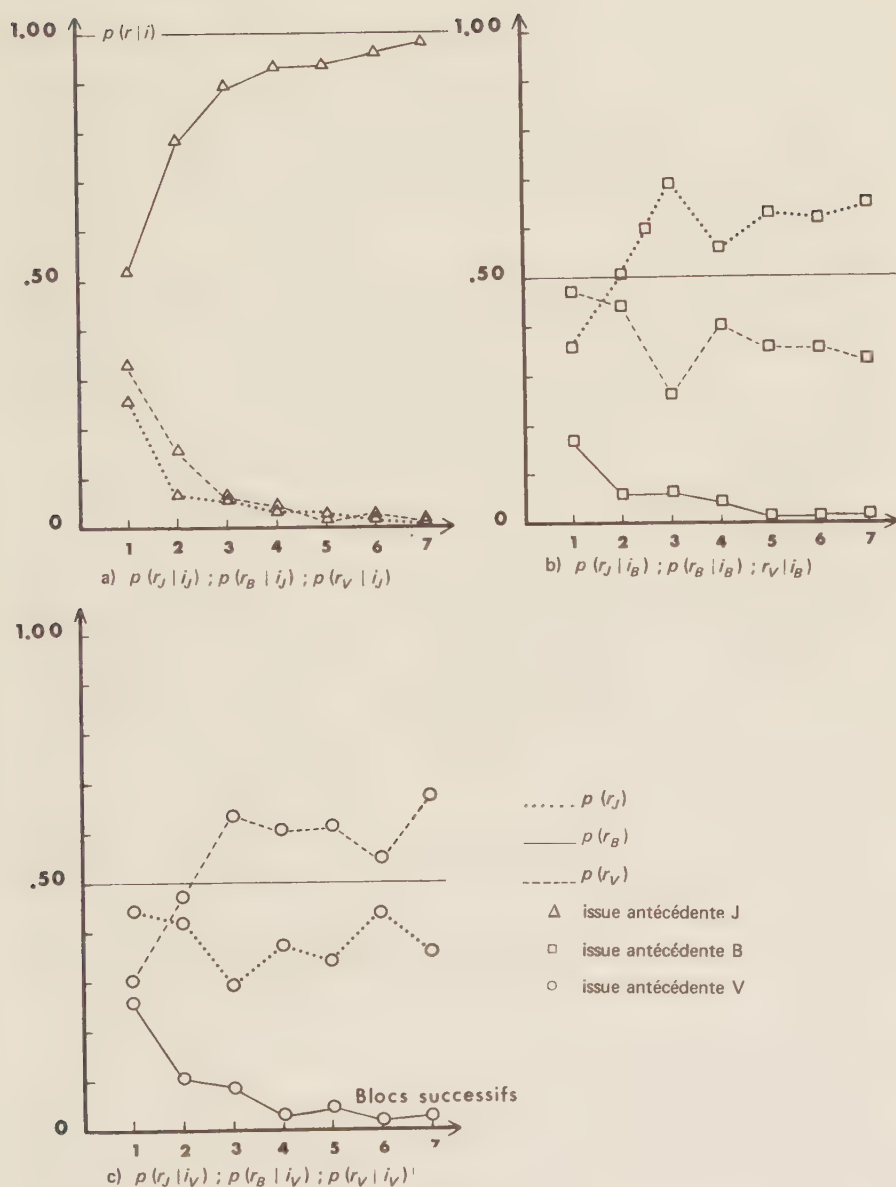


FIGURE V-3

Expérience IV : Evolution des probabilités conditionnelles de réponse d'ordre 1 dans le groupe B par blocs de 60 essais; en a, b et c : respectivement après l'issue précédente J, B et V.

La PCR de Jaune si Bleu n'est pas davantage indexée sur la fréquence des suites en alternance de Jaune et de Bleu (cf. groupes A et A bis). Elle paraît résulter de l'équilibre avec d'autres PCR; ainsi dans le groupe A bis on observe un sous-ajustement marqué pour les réponses Jaune si Bleu, et un surajustement marqué pour les réponses Bleu si Beu. Il semblerait donc qu'en cas de conflit entre la prédiction de la dernière issue présentée (attente d'une répétition) et la prédiction de l'avant-dernière (attente d'une alternance simple), ce soit la première qui l'emporte.

— on observe un sous-ajustement conditionnel pour les réponses Bleu si Jaune, bien que la PCI correspondante soit égale à 1 dans quatre groupes, et que les sujets aient perçu au total 140 fois l'issue Jaune, toujours suivie par Bleu, dans les groupes B, C et B bis (70 fois dans le groupe C bis). On peut constater une fois encore que l'écart entre PCR et PCI dépend d'autres facteurs que la valeur de la PCI.

— on observe que la réponse Bleu si Vert est privilégiée sur la réponse Jaune si Vert dans tous les groupes, phénomène qui ne paraît pas imputable aux valeurs des PCI correspondantes, très variables, mais à une autre caractéristique. En effet, l'issue Vert n'apparaît jamais après l'issue Jaune dans quatre groupes, et exceptionnellement après Jaune dans deux groupes: abstraction faite des cas où il y a répétition de cette issue, Bleu est l'antécédent exclusif ou presque exclusif de Vert. Le surajustement conditionnel de Bleu si Vert, présent dans cinq groupes, est peut-être dû à une tendance à renverser cette relation de consécution Bleu puis Vert.

En résumé les PCR ne dépendent pas exclusivement de la valeur des PCI correspondantes, contrairement à ce qui apparaissait dans les expériences précédemment rapportées d'ENGLER et d'ANDERSON. Et les surajustements ou sus-ajustements conditionnels observés en fin d'expérience ne sont pas associés aux seules suites répétitives d'issues.

e) *Autres effets séquentiels.*

Nous n'avons analysé jusqu'ici que les PCR d'ordre 1. On se bornera à signaler pour l'instant qu'il existe dans tous les groupes des effets séquentiels d'une bien plus grande extension, ceux-ci étant analysés dans le chapitre suivant à propos de l'expérience V. Leur présence montre qu'une règle markovienne d'ordre 1 de présentation des issues, même si elle inclut des probabilités de transition égale à 1 et à 0, ne suffit pas pour « fixer » les effets séquentiels.

III. — Conclusions

En comparant les résultats obtenus avec une règle de présentation des issues markovienne d'ordre 1 par ENGLER (1958) et ANDERSON (1960) avec deux issues à ceux obtenus dans l'expérience IV avec trois issues, on peut faire les observations suivantes :

a) Le comportement des sujets manifeste une adaptation aux probabilités de transition entre les issues, même lorsque le nombre de transitions est nettement accru par la présence de trois issues au lieu de deux.

b) Cependant l'ajustement conditionnel n'est pas strict. Il existe de nombreux écarts entre la valeur des probabilités conditionnelles de réponse (PCR) et celle des probabilités conditionnelles des issues (PCI) correspondantes, écarts qui ne se manifestent pas de façon aléatoire.

c) Si dans les situations avec 2 issues il existe une relation régulière entre la valeur des PCR et celle des PCI, dans les situations avec 3 issues les PCR dépendent de facteurs plus nombreux. Cette absence de relations simples ne permet guère de prévoir la répartition des surajustements et des sous-ajustements conditionnels dans de nouvelles situations avec 3 issues, contrairement à notre espoir initial.

d) Des écarts importants sont observés pour les transitions correspondant aux suites en alternance simple, écarts distincts de ceux qui sont enregistrés pour les transitions correspondant aux suites répétitives.

e) Si avec 2 issues on observe un ajustement moyen alors qu'il existe des écarts importants entre PCR et PCI, avec 3 issues ces écarts peuvent n'être point compensés et se répercuter sur les PMR. En pareil cas ils peuvent entraîner une non-équiprobabilité des réponses alors que les issues sont équiprobables, ou un sous-ajustement moyen pour l'issue majoritaire lorsque les issues sont non-équiprobables, contrairement aux résultats antérieurs avec des séries non-markoviennes de 3 issues.

f) Les résultats b, c, d, suggèrent l'hypothèse que l'adaptation aux probabilités de transition entre issues ne résulte pas directement d'un « apprentissage de probabilité », mais est médiatisé par la présence dans la série de patterns particuliers d'issues comme les suites répétitives ou les suites en alternance simple.

g) Le résultat e est peu compatible avec l'hypothèse que l'ajuste-

ment moyen puisse être réalisé par un mécanisme ne faisant appel qu'aux probabilités moyennes (du type : « perception de fréquence » ou « perception de densité »). Par contre il apporte une première caution à l'une des hypothèses directrices avancées ici, à savoir l'incidence du mécanisme de décision sur le mécanisme d'apprentissage.

CHAPITRE VI

ROLE DE L'INFORMATION ET DE LA STRUCTURE DE LA SITUATION EXPÉRIMENTALE SUR LES EFFETS SÉQUENTIELS

I. — Buts de l'expérience V

Dans l'expérience précédente, nous avons enregistré une adaptation aux probabilités d'ordre 1 de transition entre les issues, qui comporte toutefois de nombreux écarts systématiques. La présence de ceux-ci est liée à certaines suites particulières d'issues comme les files et les suites en alternance simple. Dans ces conditions, il était intéressant d'examiner si ces diverses suites (et pas seulement les files) ont une incidence sur des probabilités conditionnelles de réponse d'ordre plus élevé en engendrant des effets séquentiels caractéristiques. Nous nous sommes borné, dans le chapitre précédent, à signaler la présence d'effets séquentiels d'une grande extension, sans les rapporter pour éviter d'être redondant, le présent chapitre étant consacré à une étude plus systématique de ceux-ci dans des situations comportant trois issues et une règle de présentation markovienne d'ordre 1. Plus spécifiquement, nous nous sommes proposés deux buts :

a) Les résultats de l'expérience précédente suggèrent que l'adaptation aux probabilités moyennes et aux probabilités de transition des issues dépend peut-être moins de ces probabilités que des caractères structuraux qu'elles imposent à la série d'issues. Par caractères structuraux, nous entendons l'ensemble des divers types de patterns présents dans une série et qui lui communiquent une physionomie propre. Or

leur présence dépend des valeurs assignées aux probabilités de transition : ainsi en plaçant des valeurs élevées dans les cases de la diagonale d'une matrice de transition d'ordre 1, qui correspondent à la probabilité qu'une issue soit répétée, on engendre une série comportant des files longues et nombreuses; par contre, en plaçant des valeurs élevées dans deux cases symétriques par rapport à la diagonale, on contraint deux issues à apparaître fréquemment dans des suites en alternance simple.

Pour tester l'hypothèse que les caractères structuraux ont une incidence propre sur le comportement, on a fait appel à des transformations successives de la procédure expérimentale modifiant ceux-ci tout en laissant invariantes les probabilités de transition d'ordre 1 (conditions S, C₁, C₂ et C₃ du plan expérimental, cf. *infra*).

b) Les résultats de l'expérience précédente ont montré que l'intervention d'une règle markovienne de présentation ne restreint en aucune façon l'extension des effets séquentiels. Indépendamment du rôle privilégié joué vraisemblablement par certaines suites d'issues, le mécanisme spontané de décision des sujets n'est donc pas conforme à la règle de présentation, puisqu'il fait intervenir plus que la dernière issue présentée. Les indices utilisés par les sujets, outre qu'ils sont imparfaitement connus, échappent au contrôle de l'expérimentateur ou ne peuvent être contrôlés que difficilement, ce qui constitue un lourd handicap pour l'étude de certains problèmes comme celui de la nature de l'apprentissage. Dans ces conditions, il peut s'avérer avantageux de pouvoir imposer aux sujets un mécanisme précis de décision. En particulier, on tentera ici d'imposer un mécanisme de décision conforme à la règle de présentation, ce qui devrait se traduire par une restriction des effets séquentiels. En outre, un tel mécanisme étant plus économique que celui utilisé spontanément par les sujets (puisque ne reposant que sur la dernière issue parue, il fait appel à moins d'indices), on peut faire l'hypothèse qu'il entraînera une adaptation plus rapide aux probabilités de transition. Cet objectif sera recherché à travers deux procédures :

- en apportant une information plus ou moins précise sur la règle de présentation;

- en transformant une situation de prédiction avec une règle de présentation markovienne d'ordre 1 en une situation d'apprentissage de couples avec renforcement aléatoire; celle-ci comportera trois stimulus et trois issues, avec des probabilités de transition des stimulus aux issues identiques aux probabilités de transition de l'issue antécédente à l'issue conséquente utilisées dans la situation de prédiction.

En se référant à la terminologie utilisée dans le chapitre I, on transforme une situation-stimulus constante en situation-stimulus variable. En effet, dans les expériences usuelles de prédiction, lorsqu'on fait intervenir un stimulus nominal, celui-ci est identique à tous les essais et n'a qu'une valeur de signal préparatoire. Par contre, en faisant intervenir des stimulus nominaux différents selon les essais, on peut espérer qu'ils constitueront des stimulus effectifs dans le mécanisme de décision. Le sujet peut être conduit à rechercher s'il existe une relation entre les stimulus nominaux et les issues, et de ce fait à utiliser les premiers comme des indices possibles pour la réponse.

II. — Les situations expérimentales

1. La matrice de transition.

Dans toutes les conditions expérimentales, la règle de présentation des issues fait appel à une même matrice de transition d'ordre 1, qui est la matrice B de l'expérience précédente IV (tableau VI-1).

TABLEAU VI-1

Matrice de transition utilisée dans les situations de prédiction et les situations d'apprentissage d'associations par couples.

Essai n					Essai n						
$i_{J,n} \quad i_{B,n} \quad i_{V,n}$					$i_{J,n} \quad i_{B,n} \quad i_{V,n}$						
Essai $n-1$	$i_{J,n-1}$	0	1	0	0,33	Essai n	$s_{J,n}$	0	1	0	0,33
	$i_{B,n-1}$	0,5	0	0,5	0,33		$s_{B,n}$	0,5	0	0,5	0,33
	$i_{V,n-1}$	0,5	0	0,5	0,33		$s_{V,n}$	0,5	0	0,5	0,33
		0,33	0,33	0,33				0,33	0,33	0,33	1
<i>Situation de prédiction</i>					<i>Expérience d'apprentissage d'associations par couples</i>						

Cette matrice engendre, dans une expérience de prédiction, une série particulière d'issues qui, en termes de caractères structuraux, ne

comporte que deux types de suites : soit des files de V, soit des suites en alternance simple de J et de B. En effet, V ne peut être suivi que par V ou par J, J constitue donc la seule façon dont peut être interrompue une suite de V; et J ne peut être suivie que par B, et B à son tour que par J (ce qui constitue une suite en alternance simple JBBB) ou par V (ce qui est la seule façon d'interrompre cette suite). Par suite des probabilités de transition nulles de la matrice, les situations d'apprentissage de couples ne comportent que cinq couples (au lieu de 9).

Avec une pareille matrice, la stratégie optimale consiste à toujours prédire B après J, et à ne jamais prédire B après B ou V : la probabilité des réponses J et V après B, ou des réponses J et V après V (cases correspondant aux probabilités de transition 0,5) est indifférente. En pareil cas, la stratégie optimale est parfaitement compatible avec un ajustement conditionnel strict. Dans l'analyse des résultats, les transitions correspondant à des probabilités nulles ou égales à l'unité permettront de comparer l'apprentissage réalisé dans différents groupes en faisant abstraction de la capacité des sujets à discerner la stratégie optimale.

2. *Le plan d'expérience.*

Le plan comporte deux facteurs :

a) L'un est constitué par la quantité d'information apportée par les consignes sur la règle de présentation des issues, avec trois niveaux : information nulle (N), partielle (P), totale (T).

b) L'autre par ce que nous appellerons la structure relative de la situation, et qui se réfère aux différentes modalités utilisées pour transformer une situation de prédiction S (S pour série) en une situation d'apprentissage de couples C. Soit quatre niveaux : S, C₁, C₂, C₃, qui correspondent respectivement à la situation de prédiction initiale sans transformation, et à trois situations d'apprentissage de couples, l'ordre des indices correspondant à une distance croissante par rapport à la situation initiale.

— Transformation de S en C₁ :

La série des issues utilisées dans la situation de prédiction S est décomposée en une succession de couples. Ainsi la suite J B V V J... engendre les couples suivants J-B, B-V, V-V, V-J ... Ces couples ont

été retenus dans l'ordre initial pour constituer la série des couples « stimulus-réponse » de la situation C_1 , le premier terme constituant le stimulus et le second l'issue du couple. Ainsi l'issue du couple n est identique au stimulus de couple suivant $n + 1$.

— Transformation de S en C_2 :

La série des issues utilisées en S ayant été décomposée comme précédemment en couples, on a au sein de chaque bloc transcrit dans l'ordre d'abord tous les couples de rang impair, puis tous les couples de rang pair. Ainsi la suite J B V V J B V V ..., engendre la série de couples « stimulus-réponse » J-B, V-V, J-B, V-V ... B-V, V-J, B-V...; de cette façon, on introduit une plus grande discontinuité dans la succession des couples, puisque l'issue du couple n n'est pas automatiquement identique au stimulus du couple suivant.

Notons qu'en C_1 et C_2 , l'ensemble des stimulus est identique à celui des issues, l'un et l'autre étant constitué par les couleurs Bleu, Jaune, Vert.

— Transformation de S en C_3 :

A partir de la même liste de couples « stimulus-réponses » qu'en C_2 , on a recodé tous les stimulus (premier terme de chaque couple) en substituant aux couleurs B, J, V respectivement les chiffres 3, 5, 7. L'ensemble des issues est donc ici distinct de l'ensemble des stimulus.

Dans les conditions C_1 , C_2 , C_3 , les probabilités de transition stimulus-*issues internes à chaque couple* sont bien celles de la matrice de transition donnée plus haut, mais non les probabilités de transition entre couples, qui peuvent être calculées à partir de la précédente matrice et rapportées dans une nouvelle matrice 5×5 . Plutôt que de nous intéresser à cette dernière, il suffit de signaler pour notre propos que le mode de constitution de la suite des couples va introduire une autre dichotomie fondamentale entre les conditions expérimentales S et C_1 d'une part, C_2 et C_3 d'autre part. En effet, C_1 va refléter fidèlement les caractères structuraux de la série des issues de S : une suite de $n i_V$ engendre une suite de $n - 1$ couples $s_V - i_V$; et une suite en alternance simple $i_J i_B i_J i_B$ engendre une suite en alternance simple de couples $s_J - i_B$ et $s_B - i_J$. Par contre, en C_2 et en C_3 , cette procédure va introduire des modifications radicales par rapport à la suite S qui seront rapportées en VI-III-3.

Le plan utilisé n'est pas un plan factoriel complet; en S et C_2 on a utilisé tous les niveaux de l'information, et un seul niveau, P, en C_1

et C_3 . Soit au total 8 conditions expérimentales, SN, SP, ST, C_1P , C_2N , C_2P , C_2T , C_3P , conformément au tableau ci-dessous :

TABLEAU VI-2
Conditions expérimentales de l'expérience V

Structure relative de la situation :

		S	C_1	C_2	C_3
Information :	N	NS		NC_2	
	P	PS	PC_1	PC_2	PC_3
	T	TS		TC_2	

Huit groupes indépendants de sujets ont été affectés à chaque condition expérimentale. En fait, le groupe SP se trouve constitué par les sujets du groupe B de la précédente expérience.

3. La procédure expérimentale.

Pour les groupes S, on a utilisé la même procédure que dans l'expérience IV, à cette différence près que la présente expérience ne comporte que 300 essais ⁽¹⁾. Pour tous les groupes C_1 , C_2 , C_3 , la suite correspondante des 300 couples a été enregistrée sur une bande magnétique avec un intervalle de 5 secondes entre le stimulus et l'issue, et de 2 secondes entre deux essais consécutifs (intervalle entre i_n et s_{n+1}). Pour que stimulus et issues soient aisément discriminables par les sujets, c'est une voix féminine qui a enregistré les stimulus, et une voix masculine les issues. Les sujets de ces groupes devaient, après avoir entendu le stimulus d'un couple, prédire l'issue de ce couple. Avec l'allongement de la durée de la passation entraîné par l'introduction d'un intervalle entre essais ⁽²⁾, ce sont les seules différences intervenant entre la procédure utilisée par la situation conventionnelle de prédiction et la procédure de la situation d'apprentissage de couples. La passation fut collective.

(1) Sauf, bien sûr, dans le groupe SP constitué par les sujets du groupe B de l'expérience IV qui reçurent 420 essais.

(2) Cette apparente hétérogénéité des conditions temporelles entre les groupes S et C est due au fait que l'on a voulu laisser un même temps de décision de 5 secondes à tous les sujets.

4. *Les consignes.*

On s'est efforcé de rendre aussi homogène que possible les consignes entre la situation de prédiction (conditions S) et la situation d'apprentissage de couples (conditions C). On a défini ainsi initialement la tâche des sujets dans tous les groupes C : « Votre tâche consiste à prévoir la réponse associée au stimulus au sein de chaque couple S-R ». Une fois la situation et la tâche définies, les sujets ont reçu dans les conditions P et T une information partielle ou totale sur la règle de présentation des issues.

a) *Information nulle* (SN et C₂N) :

Aucune information sur la manière dont a été constituée la suite des issues, ou sur la manière dont les issues ont été associées au stimulus au sein de chaque couple; les sujets ne sont même pas informés du caractère aléatoire de la règle de présentation.

b) *Information partielle* :

— Situation de prédiction (SP) : mêmes consignes que celles de l'expérience IV, au chapitre précédent.

— Situation d'apprentissage de couples (C₁P, C₂P, C₃P) :

« ... Chaque couleur dictée par le magnétophone vous permet bien sûr de vérifier si la prédiction que vous venez juste de faire est exacte ou inexacte. Je vous signale toutefois qu'il est impossible de trouver chaque fois la bonne réponse, qu'il est impossible de faire une prédiction exacte à tous les coups. N'ayez pas trop de dépit si vous vous trompez. Il n'existe aucun truc qui permette de trouver à tous les coups la bonne réponse.

Cependant, vous pouvez parvenir à augmenter progressivement le pourcentage de bonnes réponses, à obtenir plus de bonnes réponses que par la chance. Pour cela, voici une information importante :

Chacune des trois réponses possibles apparaît plus ou moins souvent au sein des différents couples. Par exemple, aussitôt après le stimulus de couleur *x*, vous avez plus de chances d'observer la réponse de couleur *y*, que l'une ou l'autre des deux autres réponses de couleur *x* ou *z*. Ou bien, après le stimulus de couleur *z*, vous avez moins de chances d'observer la réponse de couleur *z* que l'une ou l'autre des deux autres réponses de couleur *x* ou *y* ».

c) *Information totale* :

— Situation de prédiction (ST) : Les consignes sont celles obtenues en substituant au paragraphe « Il faut que vous soyez très attentifs... se succèdent entre elles » des consignes du groupe SP le paragraphe suivant :

« La probabilité d'apparition d'une couleur dans la série dépend seulement de la couleur qui est immédiatement antérieure. Par exemple, aussitôt après la couleur x , vous avez plus de chances d'observer y , que l'une ou l'autre des deux autres couleurs x et z . Ou bien, après la couleur z , vous avez moins de chances d'observer z que l'une ou l'autre des deux autres couleurs x et z . Rappelez-vous bien que la probabilité d'apparition d'une couleur est fonction à chaque essai seulement de la couleur placée immédiatement avant dans la série. Il faut donc apprendre, pour chacune des trois couleurs, quelle est la probabilité qu'elle soit suivie par l'une ou l'autre des trois couleurs ».

— Situation d'apprentissage de couples (C_2T) : Les consignes furent celles du groupe C_2P , plus l'addition à la fin du paragraphe cité précédemment :

« La probabilité d'apparition d'une réponse dans un couple dépend exclusivement du stimulus de ce couple. Ce qui a pu se passer avant ce couple, par exemple les réponses des couples précédents commençant par le même stimulus, ne modifie en rien la probabilité d'apparition de la réponse considérée. Pour déterminer la réponse la plus probable dans un couple, il suffit de considérer le stimulus de ce couple ».

Enfin, le paragraphe final des instructions stipulait, dans tous les groupes :

« Il faudra vous efforcer de faire, sur l'ensemble de la série, le plus grand nombre possible de prédictions exactes ».

5. *Les sujets.*

Ils ont la même origine que ceux de l'expérience précédente : des étudiants en psychologie, volontaires, et n'ayant aucune connaissance de ce type de situation. La procédure d'enregistrement des réponses étant la même que celle de l'expérience IV, quelques décalages entre la suite des issues et la suite des réponses se produisirent chez certains sujets. Etant intéressés dans la présente expérience surtout par l'évolution des probabilités de réponse et des effets séquentiels, tous les dépouil-

lements mentionnés ci-après sont effectués seulement sur les protocoles individuels ne comportant de décalage à aucun bloc, soit dans chaque groupe sur n' sujets.

On a mentionné ci-dessous pour chaque condition expérimentale le nombre total n de sujets ayant participé à l'expérience, et le nombre n' de sujets ayant répondu sans aucun décalage :

SN	:	$n = 6$	$n' = 6$
SP	:	$n = 17$	$n' = 13$
ST	:	$n = 20$	$n' = 15$
C ₁ P	:	$n = 14$	$n' = 8$
C ₂ N	:	$n = 4$	$n' = 4$
C ₂ P	:	$n = 8$	$n' = 8$
C ₂ T	:	$n = 13$	$n' = 13$
C ₃ P	:	$n = 13$	$n' = 9$

III. — Les résultats

1. *Probabilités de réponse, marginales et conditionnelles d'ordre 1, au dernier bloc.*

Le tableau VI-3, établi pour les essais 241-300, permet de faire les observations suivantes :

a) Les probabilités moyennes de réponse sont dans tous les groupes proches des PMI : l'écart par rapport à 0,33 est inférieur ou égal à 0,03.

b) Pour la transition Jaune vers Bleu (ou 5 vers Bleu), dont la probabilité est égale à 1, on observe que l'écart entre celle-ci et la probabilité conditionnelle de réponse correspondante :

— est d'autant plus petit que les sujets ont reçu plus d'information sur la règle de présentation dans la situation de prédiction (SN, SP, ST);

— paraît au contraire s'accroître avec l'information reçue dans la situation d'apprentissage de couples (C₂N, C₂P, C₂T).

Il y a vraisemblablement interaction entre les deux facteurs de la situation : il semblerait notamment que le surcroît d'information apportée au groupe C₂T afin de prévenir les effets séquentiels ait contribué à obscurcir la situation expérimentale plutôt qu'à la rendre plus claire.

TABLEAU VI-3

Expérience V : Matrice des probabilités conditionnelles d'ordre 1
de réponse au dernier bloc (Essais 241-300)

	SN ($n' = 6$)			SP ($n' = 13$)			ST ($n' = 15$)		
	$r_{J,n}$	$r_{B,n}$	$r_{V,n}$						
$i_{J,n-1}$	0,05	0,86	0,09	0,03	0,94	0,03	0,00	0,98	0,02
$i_{B,n-1}$	0,50	0,03	0,47	0,63	0,01	0,36	0,63	0,00	0,36
$i_{V,n-1}$	0,51	0,03	0,46	0,34	0,05	0,61	0,46	0,04	0,51
	0,31	0,35	0,34	0,34	0,33	0,33	0,36	0,34	0,30

	$C_1 P (n' = 8)$		
	$r_{J,n}$	$r_{B,n}$	$r_{V,n}$
$s_{J,n}$	0,03	0,94	0,03
$s_{B,n}$	0,64	0,04	0,33
$s_{V,n}$	0,31	0,01	0,68
	0,33	0,33	0,34

	$C_2 N (n' = 4)$			$C_2 P (n' = 8)$			$C_2 T (n' = 13)$		
	$r_{J,n}$	$r_{B,n}$	$r_{V,n}$						
$s_{J,n}$	0,00	1,00	0,00	0,00	0,975	0,025	0,00	0,93	0,07
$s_{B,n}$	0,54	0,00	0,46	0,625	0,00	0,375	0,67	0,02	0,31
$s_{V,n}$	0,425	0,05	0,525	0,31	0,01	0,68	0,39	0,05	0,57
	0,32	0,35	0,33	0,31	0,33	0,36	0,35	0,33	0,32

	$C_3 P (n' = 9)$		
	$r_{J,n}$	$r_{B,n}$	$r_{V,n}$
$s_{5,n}$	0,000	0,995	0,005
$s_{3,n}$	0,65	0,00	0,35
$s_{7,n}$	0,29	0,00	0,71
	0,36	0,30	0,34

c) Pour les quatre transitions ayant des probabilités égales à 0,5, les probabilités conditionnelles de réponse au terme de l'expérience semblent dépendre moins de la structure relative de la situation (comparaison des matrices situées sur une même colonne du tableau VI-3) que de l'information apportée (comparaison des matrices situées sur une même ligne). Cependant, aux blocs antérieurs la structure relative de la situation a une incidence marquée sur ces mêmes probabilités (cf. paragraphe suivant). Les sujets n'ayant reçu aucune information (groupes SN et C₂N) sont les plus proches d'un ajustement conditionnel pour ces quatre transitions.

2. *Evolution des probabilités conditionnelles d'ordre 1 par blocs de 60 essais.*

a) *En fonction de la structure relative de la situation :*

Pour les quatre groupes avec information partielle, les probabilités conditionnelles de réponse correspondant aux trois transitions J vers B, B vers J et V vers V ont été portées sur trois graphiques distincts (Fig. VI-1). Il faut souligner qu'on n'observe aucune dichotomie entre les courbes d'apprentissages correspondant à la différence la plus marquante introduite entre les conditions expérimentales, à savoir la distinction entre situation de prédiction et situation d'apprentissage d'associations par couples, S contre C₁, C₂ et C₃. Par contre on peut noter soit une dichotomie entre S et C₁ d'une part, C₂ et C₃ d'autre part, soit une dichotomie entre C₃ et les autres conditions expérimentales; le fait caractéristique est le parallélisme des courbes pour S et C₁. Or à ces deux dichotomies correspondent des différences profondes dans la structure séquentielle des séries d'événements présentées aux sujets; rappelons par exemple que l'ordre des couples stimulus-issuée de la série C₁ correspond à l'ordre des couples de deux issues consécutives de la série S, tandis que cet ordre a été profondément modifié en C₂ et C₃ (cf. VI-II-2). Ce résultat suggère avant toute analyse des effets séquentiels que dans les situations d'apprentissage de couples les sujets tiennent compte à chaque essai non seulement du stimulus présenté, mais encore de certains caractères liés aux couples présentés aux essais antérieurs. En ce qui concerne la rapidité de l'apprentissage, qui ne peut être véritablement appréciée ici qu'à partir des transitions ayant une probabilité nulle ou égale à 1 (cf. VI-II-1), on observe à tous les blocs pour la transition J vers B une supériorité de C₃ sur C₂, et de

C_2 sur C_1 et S. Ce résultat est corroboré, mais avec une moindre netteté, pour les transitions B vers B et V vers B, de probabilité nulle (les courbes correspondant à celles-ci ne sont pas rapportées).

INFORMATION PARTIELLE

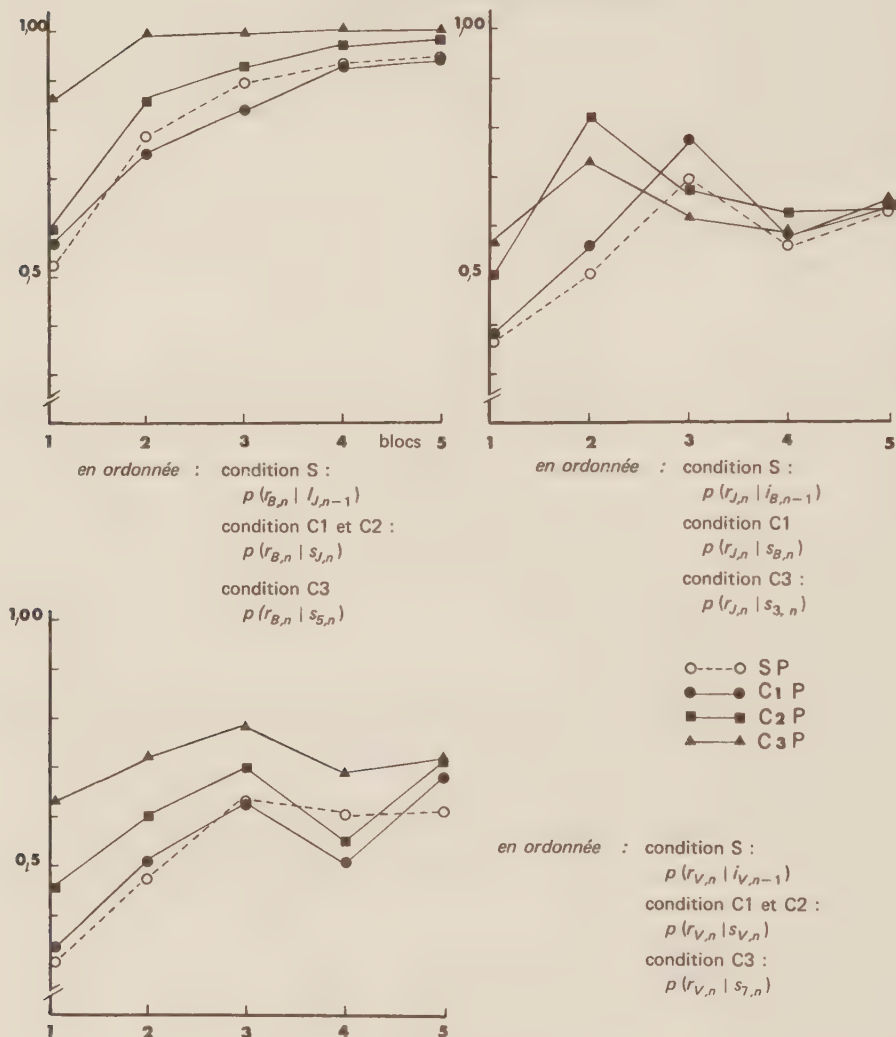


FIGURE VI-1

Expérience V : Rôle de la structure relative de la situation à information constante. Evolution, par blocs de 60 essais, des probabilités de réponses conditionnelles sur l'issue de l'essai précédent (groupe S) ou sur le stimulus de l'essai considéré (groupe C), pour 3 transitions.

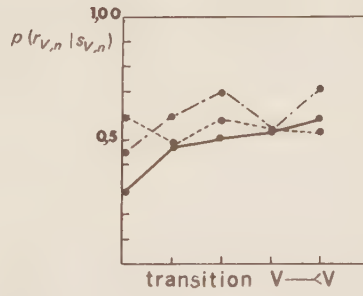
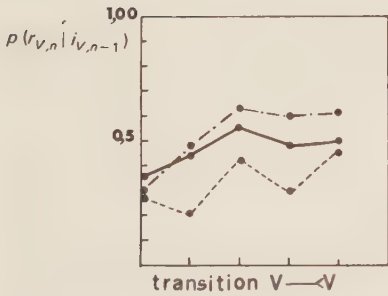
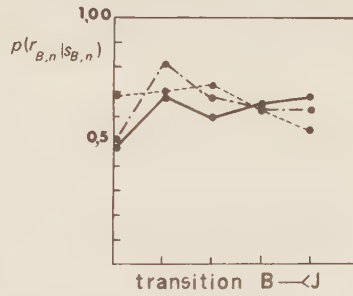
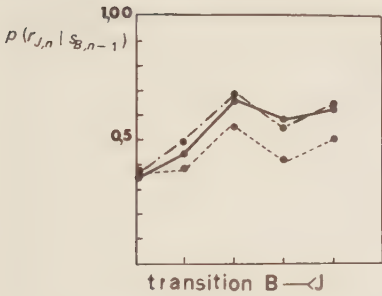
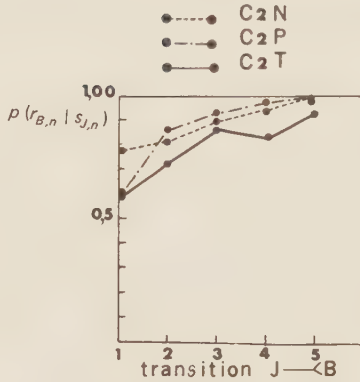
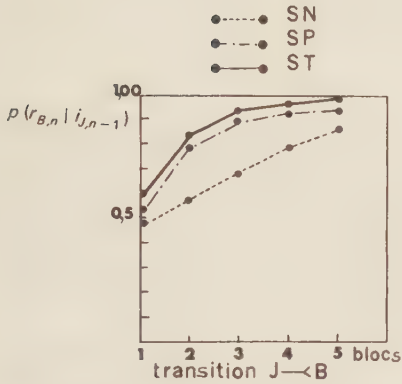
PREDICTIONAPPRENTISSAGE
DE COUPLES

FIGURE VI-2

Expérience V : Rôle de l'information à structure relative de la situation constante. Evolution, par blocs de 60 essais, des probabilités de réponses conditionnelles sur l'issue de l'essai précédent (groupe S) ou sur le stimulus de l'essai considéré (groupe C2) pour 3 transitions.

Avec une information nulle ou totale, le plan ne comporte que les conditions S et C₂. Une information nulle introduit entre celles-ci des écarts plus marqués qu'une information totale (graphiques non rap-

portés). Pour les probabilités de transition égales à 1 ou à 0, la condition S est supérieure à tous les blocs à la condition C_2 avec une information totale, tandis que C_2 est supérieur à S avec une information nulle (à tous les blocs, à une exception près).

b) *En fonction de l'information :*

La figure VI-2 permet d'examiner l'effet d'une variation de l'information dans les conditions S et C_2 pour les mêmes transitions que précédemment. L'apprentissage s'avère d'autant meilleur que l'information est plus grande dans la situation de prédiction (ce qui est corroboré par l'examen des transitions de probabilité nulle), mais il n'en va pas de même dans la situation d'apprentissage de couples C_2 .

En ce qui concerne les transitions B vers J et V vers V, les différents graphiques font apparaître un surajustement conditionnel, exception faite du groupe SN. Il nous reste à examiner de plus près ce dernier phénomène.

3. Les effets séquentiels.

a) *Le mode d'analyse adopté.*

Comme il a été dit précédemment (cf. VI-II-1), la matrice utilisée dans la situation de prédiction engendre une série d'issues très particulière qui ne comporte que des files fermées de V et des suites en alternance simple de J et de B. Puisque la série se décompose en deux types de suites seulement, on étudiera les effets séquentiels en se référant à celles-ci.

Dans la situation de prédiction, on a examiné d'une part les effets de récence sur les files de V, et d'autre part ce qui en est l'analogue pour les suites en alternance simple de J et V, en décrivant celles-ci par le nombre de couples J-B qui les constituent, ou symétriquement par le nombre de couples B-J (dans le cas présent toujours inférieur d'une unité au nombre de couples J-B). Nous appellerons dans ce qui suit les effets de récence sur les files : *effets de récence de rang 1*, et ces effets de récence d'un type nouveau calculés sur une suite en alternance simple, *effets de récence de rang 2* : les premiers concernent en effet les variations de la probabilité de réponse en fonction du nombre k d'occurrences consécutives d'un élément particulier, et les seconds les variations en fonction du nombre k d'occurrences consécutives d'un

couple particulier d'éléments. Le dépouillement des données et la représentation graphique se feront de façon similaire dans les deux cas. Ainsi la probabilité de la réponse B si l'issue J sera analysée en tenant compte du nombre k de couples J-B apparus en consécution avant l'essai n ; ce que nous écrirons de façon économique $p(r_{B,n} | i_{J,n-1}; k i_{J-i_B})$. On procédera de façon symétrique pour l'analyse de la probabilité de la réponse J si l'issue B en tenant compte du nombre k de couples B-J, ce qu'on peut écrire $p(r_{J,n} | i_{B,n-1}; k i_{B-i_J})$.

Cette analyse sera transposée dans les situations d'apprentissage de couples. Ainsi, on analysera $p(r_{B,n} | s_{J,n})$ en tenant compte du nombre de fois où le couple s_J-i_B est apparu juste avant l'essai n et $p(r_{J,n} | s_{B,n})$ en tenant compte du nombre de couples s_B-i_J ; de même, $p(r_{V,n} | s_{V,n})$ sera analysé en fonction du nombre k de couples s_V-i_V apparus aux essais $n-1, \dots, n-k$.

Signalons que, par suite du mode de constitution des séries de couples, une file fermée de k Vert, comportant $k-1$ couples i_V-i_V donnera en C_1 comme en C_2 $k-1$ couples homogènes s_V-i_V (plus un dernier couple s_V-i_J , correspondant à la jonction entre une file fermée de V et une suite en alternance simple de J et de B). Mais leur répartition au sein de la série des couples sera différente: en C_1 , ces $k-1$ couples homogènes apparaîtront tous en consécution en un même point de la série, tandis qu'en C_2 une moitié ⁽¹⁾ d'entre eux apparaîtra en consécution en un point de la suite, et l'autre moitié en un autre point.

Une suite en alternance simple comportant k couples J-B et $k-1$ couples B-J, donnera en C_1 comme en C_2 k couples s_J-i_B et $k-1$ couples s_B-i_J . Ces deux types de couples se succéderont en alternance simple en C_1 , tandis qu'en C_2 les k couples s_J-i_B apparaîtront en consécution en un point de la série et les $k-1$ couples s_B-i_J en un autre point.

b) Les résultats.

On peut noter tout d'abord que les suites en alternance simple de J et de B déterminent dans les groupes S des effets séquentiels marqués; selon la terminologie introduite au paragraphe VI-III-3-a, il s'agit d'effets de récence de rang 2, puisque la probabilité conditionnelle de réponse varie en fonction du nombre de couples B-J ou J-B apparus dans une suite en alternance simple lors des essais immédiatement antérieurs, c'est-à-dire en fonction de la longueur de cette suite (fig. VI-3 et VI-4).

(1) Une moitié si $k-1$ est pair; si $k-1$ est impair, $k-2/2$ d'une part et $k/2$ d'autre part.

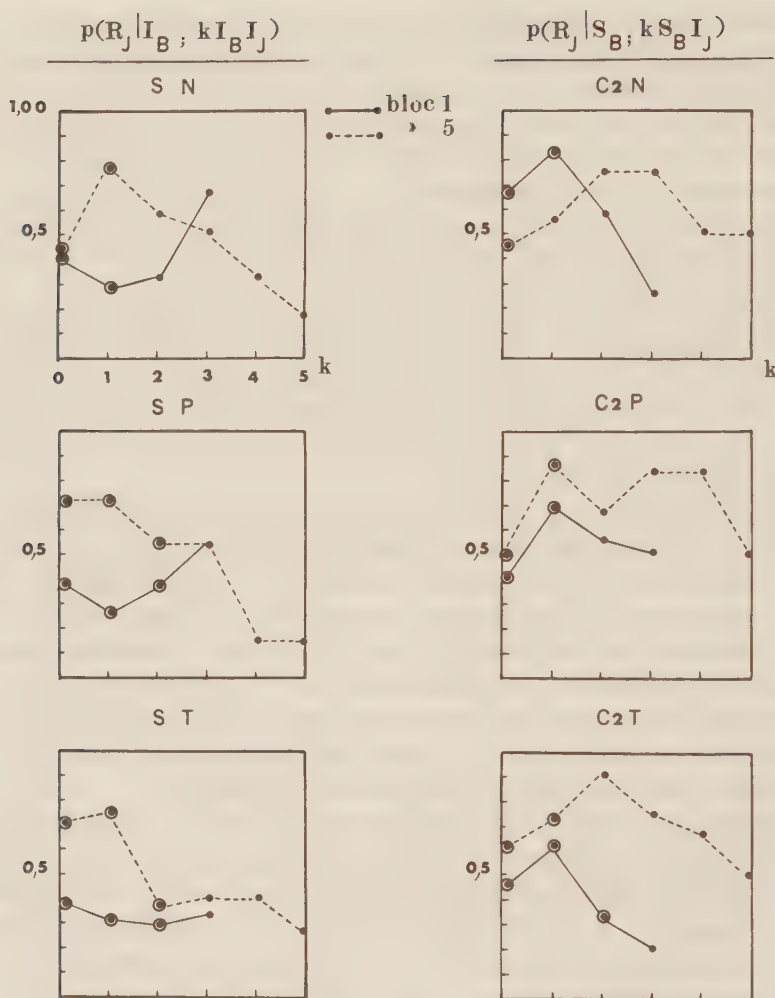


FIGURE VI-3

Expérience V : Effet de récence de rang 2 dans les groupes S (probabilité de la réponse J conditionnelle sur l'issue B à l'essai précédent et sur le nombre k de couples d'issues BJ dans la suite en alternance simple aux essais précédents) ou probabilité de la réponse J conditionnelle sur le stimulus B à l'essai considéré et sur le nombre k de couples BJ présentés aux k essais précédents dans les groupes C.

(Les points entourés d'un cercle correspondent à des probabilités calculées sur des effectifs supérieurs à 20).

On peut remarquer que cet effet de récence, présent dès le premier bloc dans les groupes SN et ST, disparaît au dernier bloc pour la transition « déterministe » J-B, ce qui correspond à l'apprentissage de ce caractère particulier de la série d'issues, tandis qu'il paraît s'accroître du premier

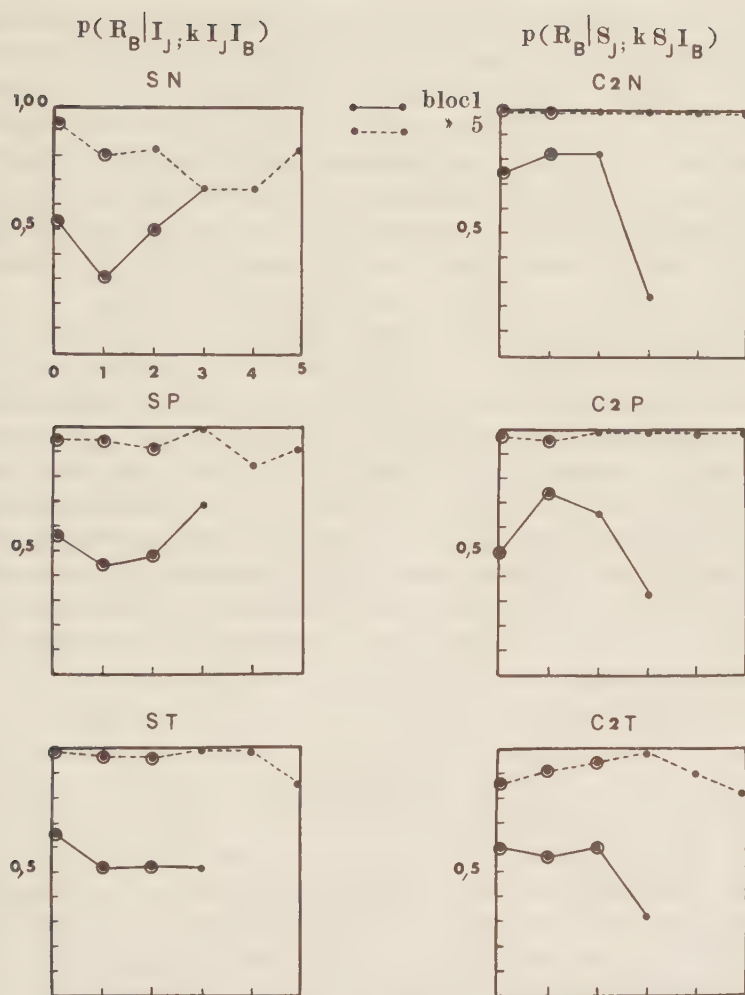


FIGURE VI-4

Expérience V : Effet de récence de rang 2 dans les groupes S (probabilité de la réponse B conditionnelle sur l'issue J à l'essai précédent et sur le nombre k de couples d'issues JB dans la suite en alternance simple aux essais précédents) ou probabilité de la réponse B conditionnelle sur le stimulus J à l'essai considéré et le nombre k de couples JB présentés aux k essais précédents dans les groupes C.

au dernier bloc pour la transition « probabiliste » B-J (cf. notamment le groupe ST); en outre l'allure de la courbe est grandement modifiée.

Ces effets séquentiels pour les transitions B-J et J-B sont également présents dans les groupes C. On observe au premier bloc dans les groupes C₂ un point d'inflexion de la courbe vers le haut, en général

pour $k = 1$; en pareil cas on peut considérer que lorsque le stimulus apparaît on s'attend davantage à une nouvelle réalisation du couple précédemment apparu qu'après plusieurs apparitions consécutives de ce même couple. Les effets séquentiels disparaissent pour la transition « déterministe » J-B, mais contrairement aux groupes S on n'observe aucune accentuation de ces effets pour la transition « probabiliste » B-J (fig. VI-3 et VI-4). Enfin le groupe C_3P ne présente guère d'effets séquentiels dès le premier bloc pour la transition J-B (apprentissage rapide).

Pour la transition V-V (graphiques non rapportés) on observe dans les groupes S un net effet de récence (effet de récence de rang 1 selon la terminologie de VI-III-3-a), beaucoup plus marqué au dernier bloc qu'au premier. Un effet analogue semble présent dans les groupes C_2 et C_3 , mais les courbes correspondantes comportent trop peu de points pour qu'on puisse étudier son évolution en fonction du nombre de couples V-V. Par contre en C_1P , où les courbes comportent plus de points (la suite des couples présentée en C_1 a été obtenue en subdivisant la suite des issues de S en couples successifs sans modification de leur ordre), l'effet de récence observé est proche de celui enregistré en SP tant au premier bloc qu'au dernier.

IV. — Conclusions

Avant d'évaluer, à la lumière des résultats obtenus, la vraisemblance des deux hypothèses formulées au début de ce chapitre, il faut noter tout d'abord qu'aucun des deux facteurs du plan expérimental n'entraîne de restriction radicale de l'extension ou de l'amplitude des effets séquentiels. Ceux-ci interviennent dans les apprentissages de couples, situation dans laquelle on ne s'est guère intéressé à leur présence; et ils ne s'estompent que de façon localisée et provisoire dans la situation de prédiction lorsqu'une information précise sur la règle de présentation des issues est apportée aux sujets. Par contre, ils sont liés à la valeur des probabilités de transition. On observe en effet dans les diverses conditions expérimentales une disparition ou une quasi-disparition des effets séquentiels pour des valeurs nulles ou égales à l'unité. Lorsque l'issue précédente dans une situation de prédiction, ou le stimulus dans une situation d'apprentissage de couples, permettent sans incertitude de prédire l'issue de l'essai ou d'exclure une issue particulière, les sujets

renoncent progressivement à faire intervenir d'autres éléments dans leurs décisions. Ainsi les effets séquentiels paraissent plus liés à l'état d'incertitude des sujets qu'à la nature de la situation expérimentale de choix.

Nous avons émis l'hypothèse qu'un mécanisme de décision conforme à la règle de présentation des issues entraînerait un apprentissage plus rapide. Un mécanisme de décision distinct de la règle de présentation, et se traduisant par la présence d'effets séquentiels de grande extension ne permet donc pas d'examiner cette hypothèse. Cependant ici, malgré la présence d'effets séquentiels notables au début de l'expérience, les résultats obtenus sont dans l'ensemble favorables aux résultats prédits dans le cas où les deux facteurs du plan expérimental seraient aptes à imposer un mécanisme de décision plus conforme à la règle de présentation. Ainsi dans la situation de prédiction, les groupes informés de la règle de présentation sont supérieurs au groupe non informé, et les groupes de la situation d'apprentissage de couples supérieurs aux groupes de la situation de prédiction sauf lorsque l'information est totale, exception qui est peut-être liée à des facteurs particuliers à la présente expérience (consignes du groupe C₂T).

La deuxième hypothèse se référerait à une éventuelle médiatisation des caractères structuraux de la série des issues dans l'apprentissage de ses caractères probabilistes. Dans les situations de prédiction où certaines des probabilités de transition sont égales à 1 ou à 0, la série se présente comme une alternance entre deux types de patterns, les probabilités égales à 0,50 intervenant pour déterminer le point où un pattern était interrompu pour laisser place au second. Ceci a bien été perçu par les sujets, comme en témoignent les effets séquentiels; progressivement, ceux-ci se réduisent exclusivement ou presque à des effets de récence, relatifs soit à la prolongation d'une file (effets de récence de rang 1), soit à la prolongation d'une suite en alternance simple de deux issues (effets de récence de rang 2). Dans les situations d'apprentissage de couples engendrées en respectant les probabilités de transition d'ordre 1 de la situation de prédiction, on observe également des effets séquentiels liés à la répétition d'une même couple. Surtout, on voit apparaître dans diverses analyses une différence entre les situations qui est liée moins à leur nature (par exemple une dichotomie entre situation de prédiction et situation d'apprentissage de couples) qu'au mode de répartition des couples d'issues ou des couples « stimulus-réponse ». Tous ces résultats sont, bien sûr, trop fragmentaires, mais ils constituent une forte présomption en faveur de l'hypothèse. L'étude du rôle de la nature des

patterns présents dans une série d'issues, de leur nombre et de leur extension demande à être poursuivie.

Le mécanisme de réponse spontané des sujets s'avère fort différent de la règle de présentation des issues, et fort résistant aux procédures utilisées pour le modifier. Si on admet que l'adaptation aux probabilités moyennes ou aux probabilités de transition résulte de la possibilité de structurer la série des issues en différents patterns, il faut convenir que la présente situation de prédiction offrait des facilités particulières pour cette activité. Dans l'hypothèse où ces patterns auraient un rôle privilégié et médiateur dans « l'apprentissage des probabilités », on doit se demander comment les sujets parviendront à s'adapter à une situation de prédiction offrant de moindres facilités pour coder la série des issues en patterns; cette question sera envisagée au chapitre suivant.

CHAPITRE VII

STOCKAGE DE L'INFORMATION, MODES DE CODAGE ET APPRENTISSAGE

I. — Nouveaux problèmes

1. *Mécanisme de décision et mémoire.*

L'étude des effets séquentiels rapportés aux chapitres précédents, et notamment à propos de l'expérience V, a fait apparaître deux résultats importants pour le développement de notre propos :

— d'une part, le fait que des issues présentées lors d'essais relativement éloignés dans le passé interviennent dans le mécanisme de décision. Ceci représente l'utilisation d'un volume d'information qui excède de loin celui qui serait nécessaire à quelqu'un connaissant la structure probabiliste de la série (son ordre notamment), et répondant strictement d'une façon adéquate à celle-ci.

— d'autre part, le fait que les sujets n'accordent pas un statut identique à toutes les suites d'issues antécédentes; les issues sont appréhendées en un nombre restreint de suites présentant souvent des caractères structuraux définis, par exemple des suites homogènes ou des suites en alternance simple.

Ces résultats peuvent s'ouvrir sur des perspectives intéressantes si on les intègre dans un cadre notionnel différent. Parler du volume de l'information manipulée par les sujets conduit à poser le problème des modalités de stockage de cette information et de la charge imposée à la mémoire. Noter que les effets séquentiels sont liés à des suites possédant des caractères structuraux définis suggère que ce phénomène peut

être envisagé en termes de codage. Enfin, il y a lieu de considérer les relations entre codage et modalités de stockage, et leur incidence commune sur le mécanisme de l'apprentissage.

2. *Le stockage de l'information.*

Nous ferons intervenir pour les besoins de notre analyse une mémoire à très court terme ou mémoire immédiate, et une mémoire à long terme, ce qui coïncide avec une distinction fréquemment effectuée entre deux types de rétention (contrairement à certains auteurs, nous emploierons indifféremment les termes de mémoire immédiate ou de mémoire à court terme ⁽¹⁾). Cependant, deux remarques s'imposent pour bien définir les limites de notre entreprise :

— Le recours à cette distinction n'entraîne aucune option dans la controverse en cours sur l'unicité ou la pluralité des mécanismes de stockage de l'information ⁽²⁾. Elle constitue seulement un cadre conceptuel, un schéma d'analyse permettant de formuler certaines hypothèses.

— Les situations expérimentales utilisées pour l'étude de la mémoire et pour l'étude des prédictions en situation aléatoire étant fort différentes, il ne peut être question de considérer que les concepts utilisés dans l'une soient directement transférables à l'autre, ni que les résultats acquis ici demeurent valables là.

L'écart entre les deux situations repose sur deux différences fondamentales. La première concerne l'utilisation de l'information stockée : dans les études sur la mémoire, le sujet doit tenter de stocker tout le matériel présenté afin de le restituer ultérieurement; dans les études sur les prédictions en situation aléatoire, non seulement aucune restitution n'est requise, mais surtout à cause des caractères spécifiques à celles-ci, le sujet ignore quels éléments d'information peuvent être pertinents à la tâche (sauf intervention particulière de l'expérimentateur). La seconde différence concerne les conditions dans lesquelles s'opère la mémorisation : la plupart des expériences sur la mémoire ont été réalisées en dissociant la phase de présentation du matériel à mémoriser et la phase

(1) On considère habituellement que des durées de rétention de l'ordre de 0 à 60 secondes relèvent de la mémoire à court terme, la mémoire immédiate se référant plus spécifiquement à un rappel survenant immédiatement après la présentation du matériel.

(2) MELTON (1963) est favorable à un type unique de mécanisme, mémoire à court terme et à long terme constituant deux points sur un continuum; HEBB (1949) est partisan d'une dichotomie; McGAUCH (1967) envisage quatre types distincts de processus mnémoniques.

de test de la rétention; dans les situations que nous envisageons, mémorisation et utilisation de l'information mémorisée sont étroitement entrelacées. Cependant cette dernière différence n'intervient pas lorsque l'étude de la mémoire est effectuée par des procédures récemment introduites dites de « mémoire continue », où le rappel peut survenir à n'importe quel moment au cours même de la présentation du matériel ⁽¹⁾.

Cependant, certains rapprochements sont possibles. L'importance des possibilités de codage pour accroître le champ d'appréhension de la mémoire immédiate est un résultat largement confirmé depuis que MILLER (1956) a émis cette hypothèse. Des procédures nouvelles reposant sur des prédictions ont été introduites pour l'étude de la mémoire ⁽²⁾. Il est permis de penser que certains progrès réalisés dans les expériences de prédiction peuvent accroître notre connaissance des mécanismes de la mémoire, de même que nous tenterons dans le présent chapitre d'exploiter des résultats acquis dans des expériences sur la mémoire.

La présence d'effets séquentiels atteste l'intervention d'une rétention à court terme ⁽³⁾ : pour que les sujets répondent de façon différentielle aux suites diverses d'issues présentées lors des essais précédents, il faut que le passé expérimental proche subsiste sous une forme ou une autre. Il n'est pas nécessaire de supposer que les événements du passé expérimental proche qui interviennent dans la détermination de la réponse puissent être évoqués si un rappel immédiat était requis. Dans les limites du champ d'appréhension de cette forme de mémoire immédiate, les sujets discriminent les événements ou les combinaisons d'événements expérimentaux qui constituent les indices utilisés dans le mécanisme de décision. Il est vraisemblablement impossible de s'adapter à une règle de présentation périodique ou markovienne dans les expériences de prédiction lorsque la suite de base de la première et l'ordre des probabilités de transition de la seconde excèdent ces limites.

(1) LLOYD, REID et FEALOCK, 1960; REID, LLOYD, BRACKETT et HAWKINS, 1961; YNTEMA et MUESER, 1960; 1962; SHEPARD, 1961; SHEPARD et TECHTSONIAN, 1961.

(2) HINRICHs (1966), pour l'étude de la capacité de la mémoire à court terme, présente dans un ordre aléatoire les éléments d'un ensemble déterminé et connu du sujet (alphabet, nombres de 1 à n), chaque élément n'apparaissant qu'une fois dans la série. Après chaque présentation d'un élément, le sujet doit deviner l'élément suivant de la série, étant entendu que les éléments déjà présentés doivent être exclus.

(3) A une condition toutefois : c'est que les modifications de la probabilité consécutives à la réalisation de suites particulières d'issues ne puisse résulter d'un mécanisme où seule la dernière issue a une incidence sur la probabilité de réponse. Par exemple, un modèle à deux opérateurs stipule qu'après la suite d'issues 1111, la probabilité de réponse s'est accrue du premier au quatrième essai d'une quantité qui résulte de l'intervention à quatre reprises consécutives d'une augmentation de p_1 dans une proportion définie; la modification de probabilité observée après n'importe quelle suite est le résultat ici d'un processus de cumulation de modifications ponctuelles.

L'évolution des effets séquentiels implique l'intervention d'une rétention à plus long terme : il faut supposer non seulement une possibilité de discrimination des diverses suites utilisées comme indices au niveau du mécanisme de réponse, mais aussi des processus d'intégration de l'information apportée à chaque essai par les issues. Il n'est pas nécessaire de supposer ici non plus que l'information stockée puisse être restituée lors d'un rappel verbal éventuel, ni que l'information stockée soit constituée par la fréquence de certaines suites dans la série ou par des probabilités de transition sur les issues.

Dans les expériences sur la mémoire, les sujets d'une même condition expérimentale sont placés dans une situation où l'intervalle de rétention est constant ou relativement constant : on fait ainsi appel plus spécifiquement, soit à leur mémoire à court terme, soit à leur mémoire à long terme. Les choses sont différentes ici puisque nous supposons l'intervention simultanée dans la même situation de deux modalités distinctes de stockage. Dans ces conditions, un problème nouveau surgit, celui de l'interaction possible de l'une avec l'autre.

Toute extension du champ d'appréhension de la mémoire immédiate, en accroissant le nombre d'indices disponibles, accroît de ce fait la charge imposée à la mémoire à long terme. En effet, considérons un sujet fictif qui serait pourvu d'une mémoire à court terme appréhendant à chaque essai un nombre constant d'issues. Dans une situation comportant j issues possibles, un sujet dont l'extension de la mémoire immédiate ne va pas au-delà du dernier essai disposera de j indices; un sujet mémorisant chaque fois la suite des deux dernières issues disposera de j^2 indices. D'une manière générale, si on attribue à ce sujet une mémoire à court terme constante englobant les k dernières issues, il disposera

TABLEAU VII-1

Fonction $X = j^k$

X = nombre de suites distinctes comportant k éléments pris dans un ensemble de j éléments (la fonction est exponentielle à j constant, et est une fonction puissance à k constant)

$j \backslash k$	1	2	3	4	5	6	7
2	2	4	8	16	32	64	128
3	3	9	27	81	243	729	2 187
4	4	16	64	256	1 024	4 096	16 384

de j^k indices : le nombre de suites distinctes que peuvent constituer les issues antérieures est une fonction exponentielle de k , et une fonction puissance du nombre d'issues j (Tableau VII-1).

En supposant que la réponse de ce sujet fictif est déterminée par la nature de la suite des k issues antérieures mémorisées à chaque essai, le mécanisme de décision comporte de ce fait j^k stimulus effectifs bien que l'expérimentateur ne présente pas de stimulus nominaux distincts selon les essais (situation-stimulus constante). Ce sujet doit affronter une tâche analogue à cet égard à celle s'un sujet placé en situation stimulus-variable avec j^k stimulus nominaux distincts. Or on sait qu'en pareil cas, lorsque augmente le nombre de stimulus, la difficulté de l'apprentissage croît très rapidement à moins qu'il n'existe quelque structure sur ces stimulus qui soit corrélée d'une certaine façon avec les issues (Cf. expériences d'identification de concepts). Ainsi toute extension accrue de la mémoire immédiate impose une charge supplémentaire à la mémoire à long terme susceptible de freiner l'apprentissage.

Certes les sujets peuvent sélectionner parmi les éléments appréhendés en mémoire immédiate, certains d'entre eux qui seuls seront utilisés comme indices. Divers résultats cités montrent que la longueur de la suite d'issues ayant une incidence sur la probabilité de réponse est plus élevée lorsque cette suite présente des caractères structuraux particuliers (files, alternance simple...). Ceci suggère que l'extension de la mémoire immédiate (ou le nombre d'éléments sélectionnés) n'est pas constante d'essai en essai. De ce fait, une évaluation *a priori* de l'ordre de difficulté des situations de prédiction (effectuée par exemple à partir des données du tableau VII-1) ne permet pas d'apprécier la difficulté réelle de la tâche pour les sujets, à moins de parvenir à contrôler de façon stricte l'extension de leur mémoire à court terme. En outre, il ne faut pas perdre de vue que, par suite de la présence d'effets séquentiels dès les premiers essais, tout apprentissage implique ici la substitution de nouvelles habitudes de réponse aux habitudes initiales (lorsqu'on dit que les réponses sont équiprobables au début de l'expérience, il ne peut s'agir généralement que des probabilités moyennes de réponse).

3. Le codage.

On a vu que l'extension des suites d'issues liées aux effets séquentiels dépend des caractères structuraux qu'elles possèdent. GOODNOW

(1955 b) formule d'hypothèse que la série est appréhendée à chaque essai selon la file en cours de réalisation : 01, 011, 0111, ... ou 10, 100 ...; et RESTLE (1961) souligne l'économie qu'une telle démarche permet de réaliser, puisque le nombre d'indices considérés est réduit de 2^k à $2k$ pour un sujet opérant ainsi lorsque l'extension de sa mémoire à court terme englobe k éléments. L'analyse des résultats de l'expérience V (Cf. VI-III-3) a montré que la succession des issues peut également être appréhendée selon les suites en alternance simple. Nous nous proposons de généraliser ces considérations.

Nous appellerons codage le fait que la succession est appréhendée en suites présentant des caractères structuraux définis constituant des unités au niveau du mécanisme de réponse. Ce codage peut résulter d'une activité de structuration imposée par des propriétés de la succession plus ou moins contraignantes (tout comme dans les mécanismes perceptifs invoqués par la théorie de la Gestalt), mais peut-être aussi d'activités volontaires du sujet. En effet, les codages permettent de condenser l'information apportée par la série et de réduire ainsi la charge imposée à la mémoire, soit par la constitution d'unités d'ordre supérieur, soit par suite de la présence d'une structure d'ordre partiel ou total entre les suites qui deviennent les unités du codage, possibilité qui n'a pas été relevée. Ainsi, dans l'hypothèse de GOODNOW et dans le modèle de RESTLE dérivé de celle-ci, les files 01, 011 ... peuvent être ordonnées, de même que les files symétriques 10, 100

Les possibilités de codage sont certainement très diverses. Deux expériences récentes (ROSE et VITZ, 1966; RESTLE, 1966) ont montré que, dans des expériences où deux issues se succèdent de façon aléatoire, les sujets ne structuraient pas la série exclusivement en conformité avec l'hypothèse de GOODNOW et le modèle de RESTLE. Nous avons indiqué un autre mode de codage utilisé avec trois issues dans l'expérience V. L'expérience VII rapportée ci-après permettra d'en discerner un troisième.

Pour évaluer l'incidence des modes de codage sur l'apprentissage, il faut introduire une distinction entre deux aspects de ceux-ci, l'adéquation et l'économie :

— *L'adéquation* d'un codage à une série concerne la possibilité d'appréhender sous des formes diverses tous les caractères, probabilistes ou déterministes, de cette série. Un codage peut être dit d'autant plus adéquat qu'il fournit des indices plus valides pour effectuer des prédictions correctes.

— *L'économie* se réfère au nombre d'indices qu'il faut considérer avec différents codages pour parvenir à une même proportion de prédictions exactes.

Ainsi, dans une expérience de prédiction avec une règle markovienne de présentation des issues, un codage fondé sur le rang des essais n'est pas adéquat, et un codage fondé sur le nombre d'essais depuis la précédente apparition des diverses issues est moins adéquat qu'un codage qui repose sur les issues immédiatement antécédentes. Si la règle de présentation est d'ordre un, un codage qui fait intervenir les diverses suites composées des sept issues antécédentes est aussi adéquat qu'un codage ne faisant intervenir que la dernière issue présentée, mais le premier est moins économique que le second. On peut faire l'hypothèse que l'apprentissage sera d'autant plus rapide que le codage utilisé est plus adéquat et plus économique.

Enfin, il semble opportun d'envisager la compatibilité des codages entre eux : l'absence de relation univoque entre les indices utilisés et les issues peut conduire le sujet à changer de critère de décision, et de ce fait, à changer également de codage. L'information acquise lors du précédent codage peut être totalement transférable à un nouveau codage, partiellement ou pas du tout. Par exemple, si deux codages reposent sur un même principe et aboutissent à une catégorisation d'un même ensemble d'indices, l'une peut être plus fine que l'autre (c'est-à-dire que la première catégorisation met en jeu un nombre plus grand de catégories obtenues par subdivision des catégories de la seconde); en pareil cas, on peut passer d'un codage plus fin au moins fin sans perte d'information, mais non dans le sens contraire. Un tel facteur pourrait rendre compte concurremment avec d'autres de certaines fluctuations observées dans les protocoles individuels qui constituent des régressions à une phase antérieure du processus expérimental.

II. — L'expérience VI

1. *Buts généraux.*

La présente expérience a été conçue de façon à réduire considérablement la charge imposée à la mémoire à long terme par rapport à d'autres expériences de prédiction. Aussi la tâche des sujets, au lieu de consister à prédire l'issue de chaque essai, ce qui implique la recherche d'indices liés à l'apparition de chacune des issues possibles, a été cir-

conscrite à la prédiction de toutes les apparitions d'une issue particulière nommément désignée au sujet; ceci revenait à discerner les essais où devait apparaître l'issue dont la prédiction était requise, et que nous appellerons issue privilégiée. Ainsi, dans la présente expérience, les issues possibles étaient le ding d'une sonnerie ou un chiffre pris dans un ensemble de plusieurs, la tâche assignée au sujet étant de prévoir toutes les apparitions d'un ding. La série des issues a été constituée de telle façon que le ding soit toujours précédé par une même combinaison de deux ou quatre chiffres, et que cette combinaison soit toujours suivie par un ding. De cette façon, l'issue privilégiée dépend de façon univoque des issues des k essais précédents, c'est-à-dire que sa probabilité conditionnelle d'ordre k est égale à 1 ou à 0. Les sujets se trouvaient donc dans une situation à renforcement constant s'ils discriminaient les k antécédents de cette issue ou plus, et dans une situation à renforcement intermittent s'ils envisageaient moins de k antécédents.

L'intérêt assigné à une telle procédure est de pouvoir cerner, sinon le champ d'appréhension de la mémoire immédiate, tout au moins le nombre d'antécédents spontanément pris en considération pour faire un choix. Cependant, on disposera de quelque information sur la mémoire immédiate en considérant que son extension peut être supérieure ou égale, mais non inférieure au nombre d'antécédents intervenant dans le mécanisme de décision ⁽¹⁾. Si celui-ci fait intervenir un nombre insuffisant d'antécédents, tout apprentissage de la règle de présentation de l'issue privilégiée est impossible; s'il fait intervenir plus d'antécédents qu'il n'est nécessaire, l'apprentissage sera retardé (Cf. *infra*, les analyses portant sur les erreurs ou les omissions).

2. Le plan expérimental et la constitution des séries d'issues.

a) Le plan :

Il comporte deux sources de variation :

— Le nombre des issues (chiffres+ding) : 3 ou 5. Si on fait abstraction de l'issue privilégiée, le ding d'une sonnette, la série des issues est constituée par deux ou quatre chiffres. L'apparition du ding dépendant de la réalisation d'une certaine séquence de chiffres, que nous appelle-

(1) Par exemple, un sujet peut se souvenir des six dernières issues à l'essai où survient pour la première fois l'issue privilégiée, mais faisant l'hypothèse que seules les deux dernières sont pertinentes, il effectue ultérieurement ses prédictions après chaque apparition de ce couple de deux issues.

rons le prédicteur, l'expérimentateur choisit dans un ensemble de deux ou quatre chiffres suivant le cas la suite de k chiffres constituant le prédicteur.

— Le nombre de chiffres du prédicteur, deux ou quatre : c'est le nombre d'issues antérieures pour lequel la probabilité conditionnelle de l'issue privilégiée est égale à 1, ou à 0 (ce qui correspond aussi à l'ordre des probabilités de transition, égal à 2 ou 4 selon les séries).

On a adopté un plan factoriel incomplet comportant trois conditions expérimentales désignées par 2^2 , 2^4 et 4^2 , où le premier chiffre représente le nombre d'issues non privilégiées et l'exposant le nombre d'éléments du prédicteur.

b) *Le mode de constitution des séries d'issues :*

Ayant décidé que l'issue privilégiée serait constituée par le ding d'une clochette, et les issues non-privilégiées par des chiffres (0 et 1 dans les conditions 2^2 et 2^4 ; 0, 2 et 3 dans la condition 4^2), la constitution de la série a été réalisée ainsi :

— Dans un premier temps, on a constitué dix-huit séries aléatoires simples, chacune à partir de 256 tirages successifs dans une urne contenant deux ou quatre types différents de billes; on disposait ainsi de six séries de deux éléments (représentés ensuite par les chiffres 0 et 1) et de douze séries de quatre éléments (auxquels on a fait correspondre les chiffres 0, 1, 2, 3).

— Pour chaque condition, on a retenu les suites suivantes de chiffres pour constituer le prédicteur de l'issue privilégiée (on a éliminé les suites trop particulières, comme celles obtenues par la répétition d'un même chiffre) :

Condition 2^2 : 01 et 10;

Condition 2^4 : 0011, 1100, 0001, 1110;

Condition 4^2 : 01, 02, 03, 10, 12, 13, 20, 21, 23, 30, 31, 32.

Un prédicteur distinct étant assigné à chaque série, on a recherché toutes ses apparitions : il était ensuite possible d'insérer dans la série l'issue privilégiée de telle façon qu'elle soit toujours précédée par une même suite d'issues non privilégiées.

Les séries ainsi constituées ont été enregistrées sur une bande magnétique, à raison d'une issue toutes les 5 secondes, soit deux séries de 256 chiffres + 64 dings pour la condition 2^2 , et pour les conditions 2^4 et 4^2 respectivement 4 et 12 séries, chacune de 256 chiffres + 16 dings

(l'intervalle moyen entre deux dings est de 4 chiffres dans la condition 2^2 , de 16 chiffres dans les conditions 2^4 et 4^2).

3. *La procédure expérimentale.*

a) *La passation :*

Les examens furent individuels, l'expérimentateur notant à chaque essai les prédictions éventuelles du sujet.

b) *Le critère d'apprentissage :*

L'épreuve était interrompue dans chaque condition lorsque le ding a été prédit à 8 reprises consécutives sans erreur ni omission. Si le critère n'était pas atteint après une première audition de la série, celle-ci était présentée à nouveau.

c) *Les sujets :*

Trente-six étudiants de l'INOP furent répartis entre les conditions expérimentales, un même nombre de sujets étant affectés à chaque condition, et au sein de celle-ci, à chaque série.

d) *Les consignes :*

Elles stipulaient que le ding survenait exclusivement après chaque réalisation d'une suite particulière de chiffres, dont le nombre n'était pas précisé. On indiquait, en outre, aux sujets qu'ils seraient gratifiés d'un point par prédiction correcte, et qu'on leur ôterait un point après chaque erreur ou omission.

4. *Les résultats.*

a) *Nombre de présentations de l'issue privilégiée jusqu'au critère de réussite :*

On a compté le nombre de dings présentés jusqu'à la première prédiction du bloc de huit prédictions consécutives correctes constituant le critère d'apprentissage. La distribution de cet indice est particulièrement asymétrique, comme le montre la médiane et les valeurs extrêmes observées :

Condition 2^2 : médiane : 4 ; valeurs extrêmes : 2-46

Condition 4^2 : » : 7,5 ; » : 4-48

Condition 2^4 : » : 11 ; » : 3-31

Les médianes des groupes 2^2 et 4^2 , et celles des groupes 2^2 et 2^4 diffèrent significativement au seuil de 0,10, mais non celles des groupes 2^4 et 4^2 (U de Mann-Whitney, test bilatéral).

b) *Le nombre de bonnes réponses :*

Cet indice a été calculé dans chaque condition par bloc comportant 5 issues privilégiées (le nombre d'essais contenus dans chaque bloc est variable par suite du mode de construction de séries). On a considéré que les sujets ayant atteint le critère de réussite n'auraient commis au-

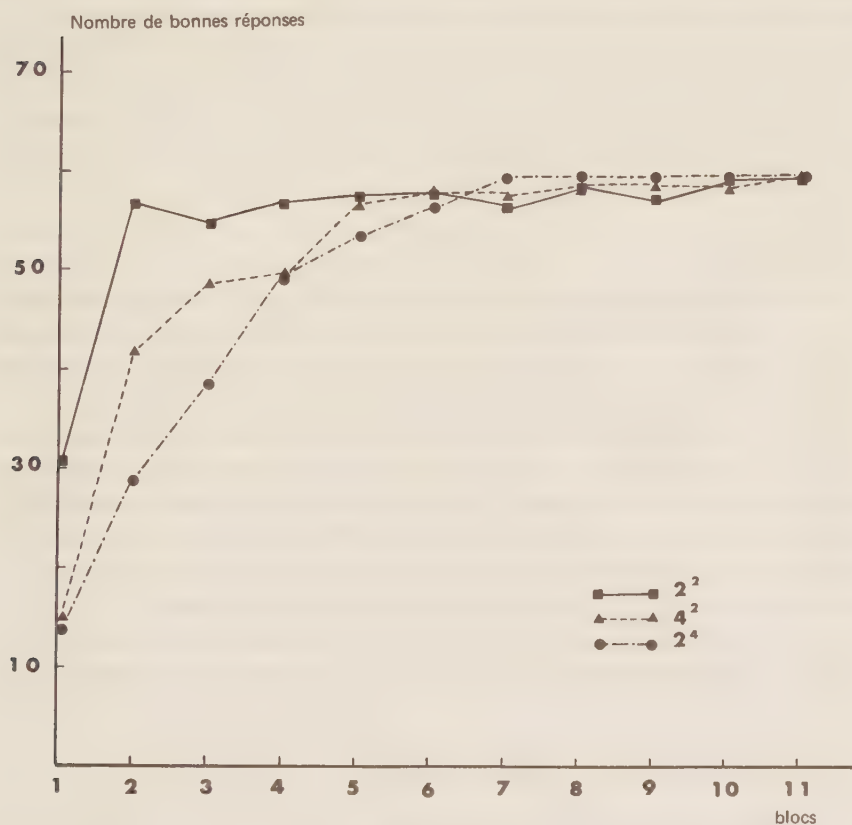


FIGURE VII-1

Expérience VI : Nombre de bonnes réponses (prédictions exactes de l'issue privilégiée) par blocs d'essais successifs englobant chacun 5 issues privilégiées.

cune erreur ou omission en cas de prolongation de l'expérience. Ces résultats sont rapportés dans la figure VII-1, où on peut observer que les groupes se différencient seulement pour les premiers blocs. Notons que pour chaque bloc, le nombre d'omissions est le complément du nombre de bonnes réponses au nombre total de prédictions exactes possibles (5 issues privilégiées $\times$ 12 sujets).

c) *Les omissions :*

Elles peuvent avoir une double origine, soit refléter l'incertitude du sujet, soit au contraire traduire l'attente d'une issue non privilégiée alors que les k issues antécédentes constituant le prédicteur viennent d'être présentées; ce dernier cas suggère que lors de la première ou des premières apparitions de l'issue privilégiée, le sujet aurait appréhendé plus de k antécédents et attendrait la présentation d'une même suite (ou des mêmes suites) comportant des éléments qui ne font pas partie du prédicteur. Il serait alors conduit à faire des omissions systématiques par opposition aux omissions d'un sujet incertain. Cette analyse n'a pas été effectuée car par suite de la rapidité de l'apprentissage, elle aurait reposé sur un nombre extrêmement restreint de sujets.

d) *Les erreurs :*

Les erreurs sont peu nombreuses et ne peuvent constituer un indice sensible puisqu'on en relève respectivement 25, 21 et 29 pour les conditions 2², 4² et 2⁴. Un type d'erreurs intéressant englobe les prédictions qui surviennent après une suite ne comportant que la fraction finale du prédicteur (le dernier ou les derniers éléments de celui-ci, mais non tous), car elles peuvent refléter alors la prise en considération d'un nombre insuffisant d'antécédents. On en observe respectivement 9/25, 10/21 et 17/29 dans les groupes 2², 4² et 2⁴, effectifs trop faibles pour permettre une conclusion. (Notons toutefois que dans le groupe 2⁴, 15/17 erreurs de ce type surviennent après une suite qui ne diffère du prédicteur que par le 4^e antécédent). Les autres erreurs sont constituées essentiellement par des inversions de l'ordre des éléments du prédicteur.

e) *Les entretiens post-expérimentaux :*

On a demandé à tous les sujets, après l'expérience, d'énoncer à quelle(s) règle(s) obéit l'apparition de l'issue privilégiée. A une exception près, tous les sujets donnent une information exacte, mais quelques-uns

indiquent plusieurs règles fragmentaires au lieu d'une règle unique. Ainsi par exemple le sujet qui a eu affaire au prédicteur 0001 déclare que le ding apparaît après les suites 10001, ou 00001, ou 000001, ..., sans intégrer la partie commune à toutes en une suite minimale qui serait une condition nécessaire et suffisante.

5. *Conclusions.*

La présente expérience a été conçue pour mettre en évidence les difficultés de l'apprentissage liées à l'extension de la mémoire à court terme, en restreignant la charge imposée à la mémoire à long terme. En effet, grâce à la procédure utilisée et aux consignes relativement explicites, le nombre d'hypothèses possibles demeure restreint pour un sujet ne mémorisant pas un nombre élevé d'antécédents lors des apparitions de l'issue privilégiée. Malheureusement certaines des analyses prévues se sont avérées vaines par suite du nombre trop faible de valeurs recueillies.

La supériorité du groupe 2² sur les deux autres montre que l'augmentation de l'ordre des probabilités de transition à nombre constant d'issues et l'augmentation du nombre d'issues à ordre constant ont une incidence sur l'apprentissage. Est-il possible de rendre compte de ces résultats à partir du nombre d'antécédents considérés par les sujets ? En comparant les conditions 2² et 2⁴, on a observé que les erreurs systématiques sont un peu plus nombreuses dans la seconde où presque toutes portent sur le quatrième antécédent; ceci suggère que l'infériorité du groupe 2⁴ serait due à des sujets ayant considéré initialement un nombre insuffisant d'antécédents. Cette conclusion ne peut être formulée sans envisager les omissions qui sont, elles aussi, susceptibles de retarder l'accession au critère de réussite. Or, en supposant qu'un sujet considère un nombre d'antécédents supérieur à 4, il sera conduit à plus d'omissions systématiques dans la condition 2² que dans la condition 2⁴, ce qui aurait pour effet de défavoriser la première. Malgré le caractère fragmentaire des informations recueillies, la conclusion formulée ci-dessus semble valide.

En ce qui concerne l'effet du nombre d'issues à nombre constant d'éléments du prédicteur, considérer plus d'antécédents que le nombre requis défavorise et en considérer moins favorise la condition 4² par rapport à 2². En ne considérant qu'un seul antécédent, un sujet de la condition 4² fera moins d'erreurs systématiques qu'un sujet de la condi-

tion 2²; et s'il considère trois antécédents ou plus, il fera plus d'omissions systématiques. Le nombre d'erreurs systématiques étant presque identique dans ces deux groupes, on est conduit à supposer que l'infériorité du groupe 4² est imputable aux sujets faisant intervenir trois éléments ou plus dans leur mécanisme de décision, sans que cette inférence ait pu être confirmée par l'analyse appropriée.

On voit ainsi, dans une tâche incomparablement plus simple que les expériences de prédiction en situation aléatoire, comment l'interaction entre la structure probabiliste de la série et le nombre d'antécédents considérés par les sujets peut retentir sur l'apprentissage. Le stockage de l'information était cristallisé ici autour des antécédents d'une issue privilégiée, et celle-ci ne faisant pas appel à une règle de présentation probabiliste, toute modification du nombre d'antécédents utilisés comme critère de décision se traduisait par des variations sensibles du nombre de bonnes réponses. Si théoriquement une augmentation de l'ordre des probabilités de transition ou du nombre d'issues impose une charge plus importante pour la mémoire à court terme et à long terme, l'intervention des deux différences évoquées ci-dessus risque de compliquer grandement les choses dans une expérience de prédiction en situation aléatoire.

III. — L'expérience VII

1. *But de l'expérience* ⁽¹⁾.

On se propose d'étudier l'incidence du nombre d'issues sur le mécanisme de l'apprentissage dans une expérience de prédiction comportant une règle de présentation des issues markoviennes d'ordre 1, en maintenant constantes certaines probabilités de transition. A la différence de la précédente expérience, toutes les probabilités sont différentes de 1 et de 0 (règle de présentation rigoureusement aléatoire) et une prédiction est requise à chaque essai. Dans ces conditions, une charge bien plus importante est imposée à la mémoire des sujets. En effet, quelle que soit la suite réalisée par les issues antérieures et stockée

(1) Le plan initial comportait une condition expérimentale avec 2 issues et des probabilités de transition d'ordre 3: Les sujets n'ayant strictement rien appris des caractères séquentiels de cette série, cette condition n'est pas mentionnée ci-dessus afin d'alléger le compte rendu.

en mémoire immédiate à chaque essai, ils doivent effectuer un choix; de ce fait, ils sont conduits à rechercher l'issue la plus probable étant donné les diverses suites considérées, ce qui peut imposer une charge importante à la mémoire à long terme. De plus, l'absence de centration sur une issue privilégiée peut les conduire à rechercher des patterns ou des règles de périodicité dans la série, et pour cela à élargir le champ d'appréhension de la mémoire immédiate.

2. *Le plan d'expérience.*

On a fait appel à un plan factoriel 2×2 :

— Nombre d'issues : 3 ou 4.

— Information apportée aux sujets : nulle (N) ou totale (T); dans les conditions N, aucune indication n'était donnée sur la structure de la série, tandis que dans les conditions T on mentionnait l'existence de probabilités conditionnelles et leur ordre.

Les quatre conditions expérimentales sont appelées 3 N, 4 N, 3 T et 4 T. Dans chacune d'elles, la série des issues est markovienne d'ordre 1, les probabilités moyennes étant égales entre elles.

3. *La procédure expérimentale.*

a. *Constitution des séries d'issues.*

Une même série markovienne d'ordre 1 a été utilisée dans les groupes 3 N et 3 T d'une part, 4 N et 4 T d'autre part. Les matrices de transition utilisées sont données dans le tableau VII-2. Pour toute issue considérée comme antécédent, on a introduit une probabilité de transition plus élevée que les autres, appelée probabilité de transition majoritaire. On a constitué les deux matrices en utilisant les mêmes valeurs pour les transitions majoritaires : 0,70; 0,60; 0,50. La stratégie optimale assure la même proportion de réponses exactes dans toutes les conditions.

Ces deux séries ont été constituées conformément aux règles mentionnées dans l'expérience IV, toutes les probabilités moyennes et conditionnelles d'ordre 1 étant égales pour chaque bloc aux valeurs spécifiées par les matrices du tableau VII-2. Un bloc comporte 90 issues dans les groupes 3, et 120 dans les groupes 4, afin qu'à probabilité de

transition égale la suite de deux issues correspondant à celle-ci soit présentée un même nombre de fois dans toutes les conditions ⁽¹⁾.

Chaque série comporte 4 blocs, soit 360 essais dans les groupes 3, et 480 dans les groupes 4. Chaque série a été finalement enregistrée par une bande magnétique, à raison d'un mot toutes les 5 secondes, en identifiant les différentes issues à des noms de couleurs (Bleu, Rouge et Vert, ou Bleu, Rouge, Vert et Jaune).

TABLEAU VII-2

Expérience VII : Matrices des probabilités de transition entre les issues

Conditions 3

	$i_{B,n}$	$i_{R,n}$	$i_{V,n}$	
$i_{B,n-1}$	0,20	0,10	0,70	0,33
$i_{R,n-1}$	0,50	0,30	0,20	0,33
$i_{V,n-1}$	0,30	0,60	0,10	0,33
	0,33	0,33	0,33	

Conditions 4

	$i_{B,n}$	$i_{J,n}$	$i_{R,n}$	$i_{V,n}$	
$i_{B,n-1}$	0,17	0,07	0,07	0,70	0,25
$i_{J,n-1}$	0,50	0,20	0,20	0,10	0,25
$i_{R,n-1}$	0,20	0,60	0,13	0,07	0,25
$i_{V,n-1}$	0,13	0,13	0,60	0,13	0,25
	0,25	0,25	0,25	0,25	

b) La passation.

La passation fut collective et s'est déroulée dans des conditions identiques à celles de l'expérience IV. En particulier, les sujets ont

(1) Chaque issue apparaît 30 fois au sein d'un bloc dans les conditions 3 et 4. Ainsi $p(i_{V,n} | i_{B,n-1}) = 0,70$ correspond à 21 apparitions de la suite BV aussi bien avec 3 issues qu'avec 4.

utilisé la même procédure de transcription de leurs réponses avec un double cache pour masquer leurs réponses antérieures.

c) *Les consignes.*

Elles furent identiques à celles de l'expérience IV, à cette différence près que dans les groupes N on ne donnait strictement aucune information sur la série (son caractère aléatoire n'étant même pas mentionné) tandis que dans les groupes T on indiquait aux sujets que la probabilité des différentes couleurs dépendait à chaque essai exclusivement de la dernière couleur présentée.

d) *Les sujets.*

Ils furent des étudiants volontaires en première année d'étude de psychologie, n'ayant eu aucun enseignement sur ce type de situation. Dans les groupes 3 N, 3 T, 4 N, 4 T, le nombre total de sujets, n , fut respectivement 13, 6, 22, 9; le nombre de sujets ayant transcrit leurs réponses sans décalage, n' , fut respectivement 13, 6, 9, 9 (un grand nombre de décalages est survenu dans le groupe 4 N, mais aucun dans les autres groupes).

4. *Les résultats.*

a) *Probabilités conditionnelles de réponse d'ordre 0 et 1.*

Dans tous les groupes les probabilités moyennes de réponse sont toujours très proches de l'équiprobabilité; au dernier bloc la différence la plus importante entre PMI et PMR est égale à 0,02, ce qui traduit un bon ajustement moyen.

On a rapporté dans la figure VII-2 l'évolution par blocs des probabilités conditionnelles de réponse d'ordre 1 pour les transitions majoritaires. On observe un net surajustement conditionnel final dans le groupe 4 T, et un sous-ajustement conditionnel dans les groupes 3 N, 3 T et 4 N. Il convient de souligner qu'on observe une absence quasi totale d'apprentissage en 3 N, et une évolution cahotique en 3 T. Contrairement à ce qui était attendu en fonction des analyses effectuées à partir du tableau VII-1, les groupes 3 sont toujours nettement inférieurs aux groupes homologues 4.

La stratégie optimale est employée au dernier bloc par un sujet en 4 N, et par deux en 4 T (rappelons qu'elle consiste ici à choisir à

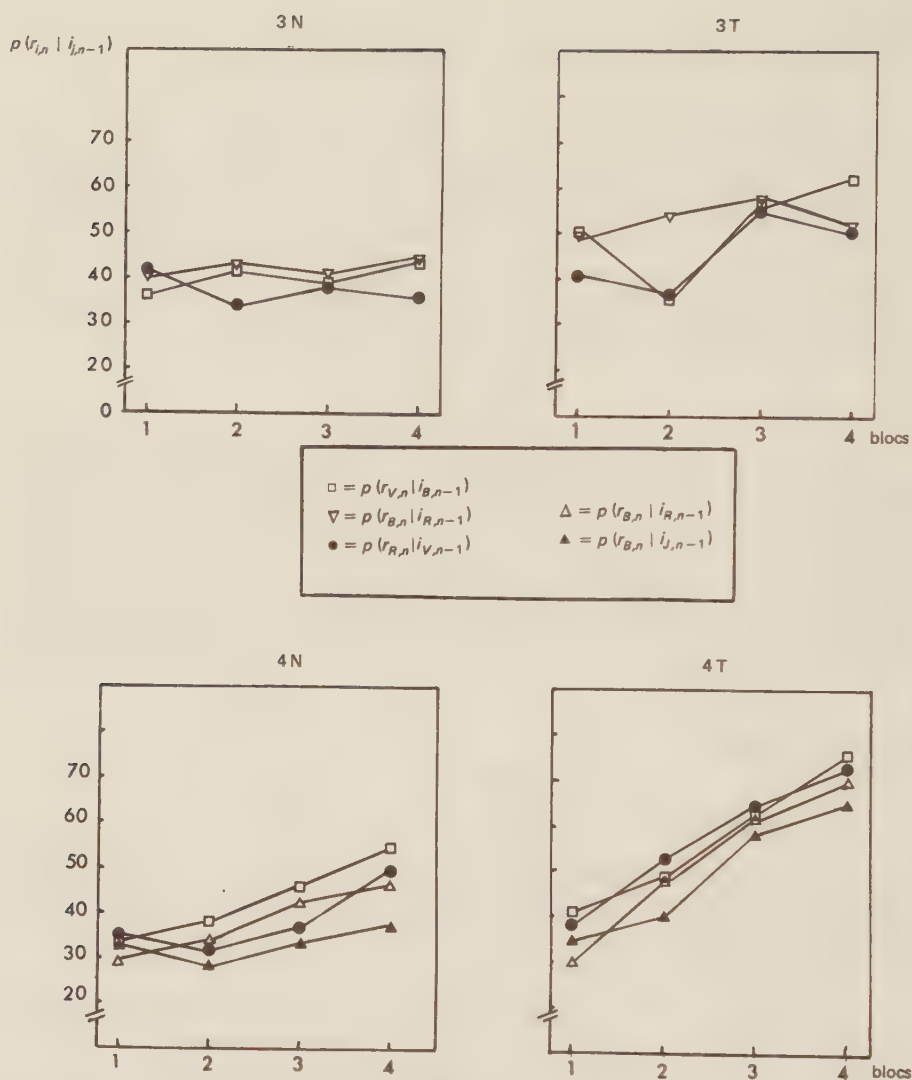


FIGURE VII-2

Expérience VII : Probabilités de réponse conditionnelles sur la dernière issue présentée (en ordonnées) par blocs successifs (en abscisses) pour les transitions majoritaires.

chaque essai l'issue ayant la probabilité de transition la plus élevée étant donnée la dernière issue présentée, c'est-à-dire à effectuer une maximisation pour les transitions majoritaires).

Le fait frappant est que la dernière issue présentée ne joue pratiquement rôle dans le groupe 3N, puisque les probabilités condition-

nelles de réponses d'ordre 1 sont proches de l'équiprobabilité : ces sujets utilisent-ils des indices pour effectuer leurs décisions, et lesquels ?

b) *Les effets séquentiels : effets de récence-intervalle.*

Plutôt que de procéder à une analyse exhaustive des effets séquentiels pour toutes les suites distinctes de k issues, ce qui aurait entraîné des effectifs trop faibles pour autoriser des conclusions valides, on a préféré circonscrire l'analyse à des effets séquentiels de nature particulière. L'analyse des effets de récence traditionnels n'étant pas la plus opportune ici, puisque les probabilités de transition d'une issue vers elle-même sont trop faibles pour engendrer un nombre suffisant de files fermées de longueur au moins moyenne, on a tenté d'isoler de nouveaux effets séquentiels. Un seul s'étant avéré vraiment sensible, nous ne mentionnerons que celui-ci.

Nous proposons d'appeler *effets de récence-répétition* les effets de récence traditionnels, et *effets de récence-intervalle* ceux d'un type particulier qui se manifestent dans la présente expérience, pour distinguer les premiers des seconds. Sous l'appellation simple d'effets de récence, il n'a été question jusqu'ici que d'effets de récence-répétition, consistant à calculer après k occurrences d'une issue déterminée la probabilité conditionnelle que cette même issue soit prédite à nouveau en fonction de k . Les effets de récence-intervalle concernent la probabilité conditionnelle de la prédiction d'une issue déterminée en fonction de l , nombre d'essais survenus entre la dernière apparition de cette issue et l'essai présent; ainsi, si aux essais $n-5 \dots n-1$, la suite B V B R R a été présentée, à l'essai n les trois valeurs de l seront 1 pour R, 3 pour B, et 4 pour V.

Ces effets de récence-intervalle n'ont encore jamais été mentionnés dans les expériences de prédiction en situation aléatoire (ils l'ont été en psychophysique), vraisemblablement parce que la plupart de ces expériences ont été réalisées avec deux issues : or, en pareil cas, les deux types d'effets sont confondus; en effet, la probabilité de la réponse pile après une file de trois piles par exemple (effet de récence-répétition) est le complément à 1 de la probabilité de la réponse face lorsque la dernière apparition de face est survenue quatre essais auparavant (effet de récence-intervalle).

L'effet de récence-intervalle calculé sur les réponses au premier bloc est rapporté dans la figure VII-3. On peut constater que pour les intervalles courts, abstraction faite du premier point de chaque courbe,

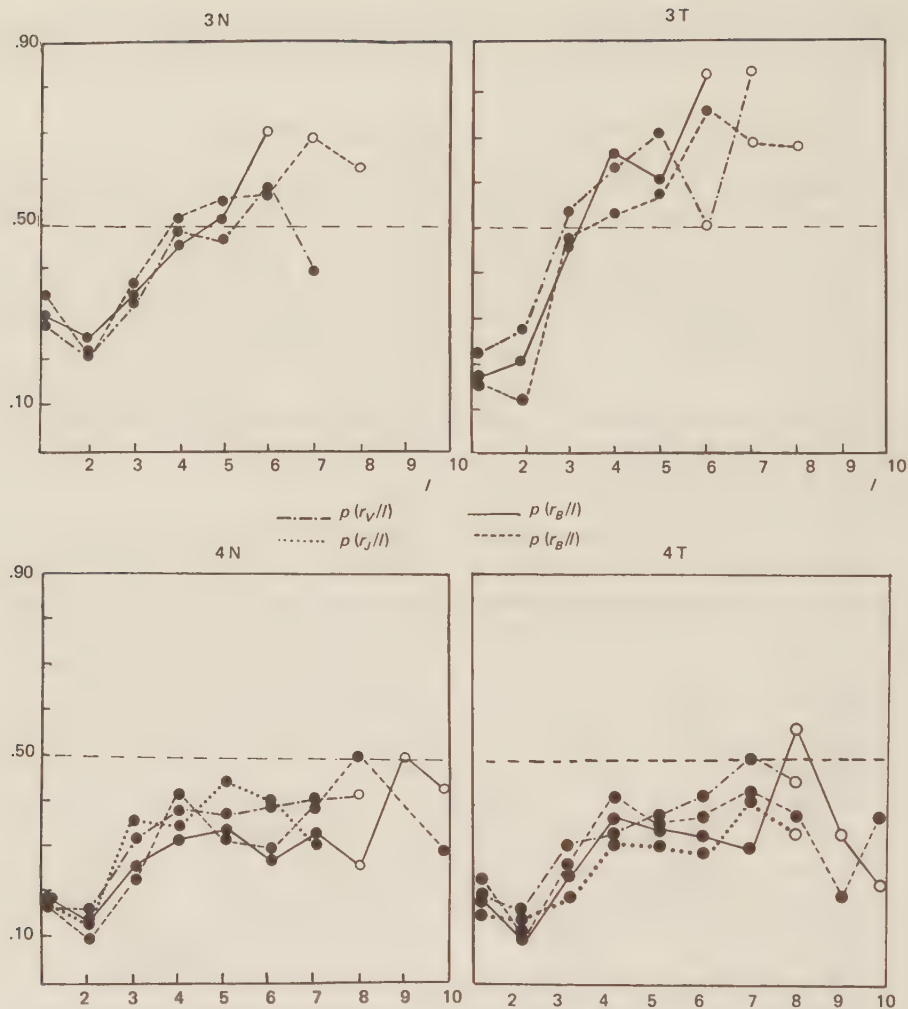


FIGURE VII-3

Expérience VIII : Effets de récence-intervalle observés dans les groupes 3N, 3T, 4N et 4T au bloc 1.

En ordonnée : Probabilité de la réponse r_X conditionnelle sur l , nombre d'essais survenus depuis la précédente apparition de i_X ;

En abscisse : Valeurs de l (les cercles correspondent à des probabilités calculées au moins sur 20 valeurs).

une réponse déterminée est prédite d'autant plus fréquemment que la précédente apparition de l'issue correspondante est plus lointaine dans le passé; les différences de probabilité en fonction de la grandeur de l'intervalle l sont beaucoup plus marquées dans les groupes 3 que dans

les groupes 4; enfin dans tous les groupes les courbes représentatives des diverses réponses sont peu différenciées. Au dernier bloc cet effet de récence-intervalle demeure tout aussi marqué qu'au premier bloc dans tous les groupes, sans que les courbes subissent de changements notables sauf en 4 T; or ce groupe est celui qui manifeste le plus net apprentissage des caractères markoviens de la série d'issues.

c) *Adéquation du codage fondé sur les intervalles.*

Il convient de se demander si les intervalles peuvent fournir des indices valides; dans l'affirmative un mécanisme de décision fondé sur ceux-ci pourra éventuellement se conformer aux caractères correspondants de la série des issues et assurer ainsi une proportion de réponses exactes supérieure à l'équiprobabilité.

Pour répondre à cette question, on a calculé dans chaque série la probabilité effective d'apparition d'une issue déterminée, étant donné le nombre d'essais l survenus depuis sa précédente apparition. Cette probabilité conditionnelle sur l augmente et atteint son maximum pour une valeur de l qui dépend de la série et de l'issue. Les intervalles entre les apparitions successives des issues peuvent donc constituer des indices partiellement valides (ce qu'on pouvait prévoir en consultant les matrices de tableau VII-2: ainsi la faible probabilité qu'une issue x se répète entraîne une faible probabilité de x si $l = 1$). Ces indices sont plus sensibles avec 3 issues qu'avec 4 (plus grande amplitude des variations de probabilités).

d) *Les indices intervenant dans le mécanisme de décision.*

Les précédents résultats suggèrent que seuls les sujets du groupe 4 T font nettement appel à la dernière issue présentée dans leurs choix, conformément à la structure markovienne de la série, tandis que les sujets de tous les groupes font intervenir les intervalles comme indices (fig. VII-2 et VII-3). Une telle conclusion demande à être nettement établie, car diverses analyses que nous ne mentionnerons pas ici montrent que l'utilisation de l'un ou l'autre de ces ensembles distincts d'indices peut engendrer certaines similitudes de comportement; par ex., un mécanisme de décision fondé exclusivement sur la dernière issue présentée entraîne la présence d'un effet de récence-intervalle.

Pour bien discerner les critères de décision utilisés par les sujets, nous pouvons considérer la probabilité conditionnelle de la réponse r_n à l'essai n , connaissant l'issue présentée à l'essai $n-1$ et sachant que

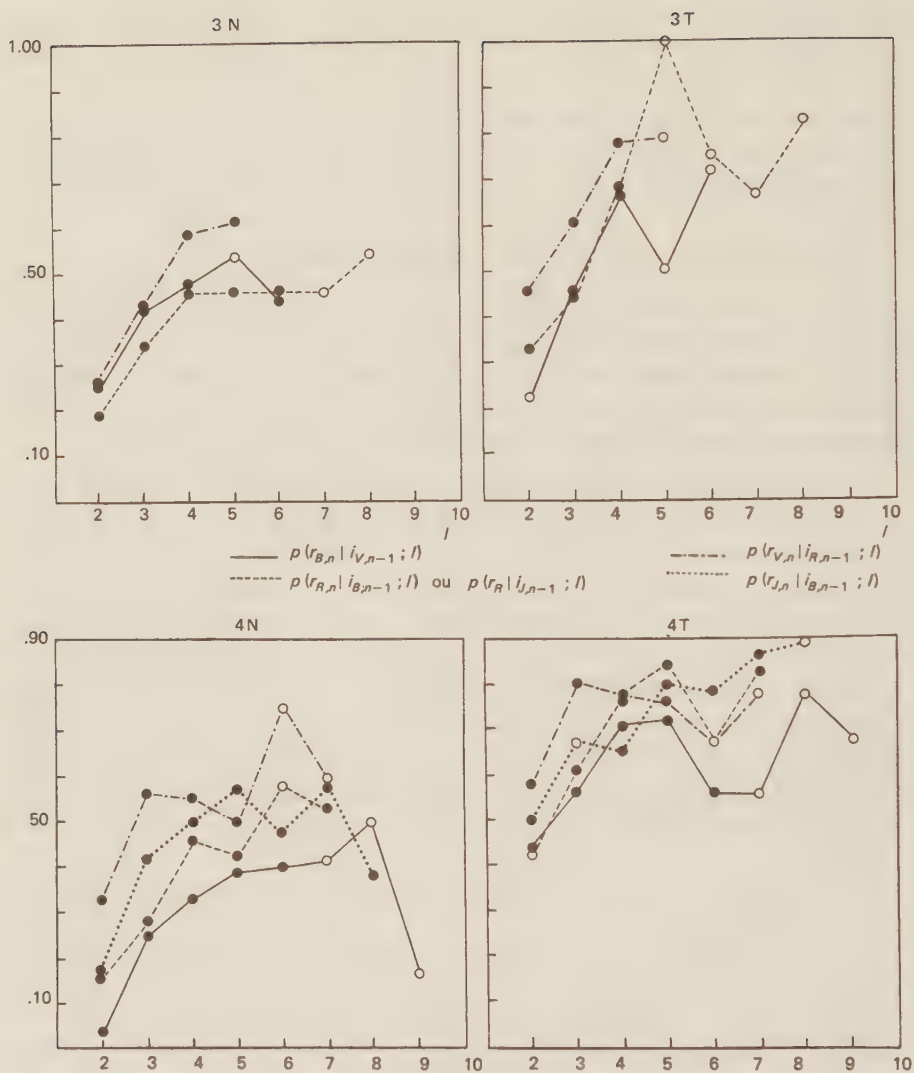


FIGURE VII-4

Expérience VII : Probabilités de réponse conditionnelles sur l'issue de l'essai précédent et sur la valeur de la variable l , nombre d'essais survenus depuis la dernière apparition de l'issue prédite (bloc 4, transitions majoritaires seulement). Les cercles correspondent à des probabilités calculées sur des effectifs inférieurs à 20.

l'issue x est apparue pour la dernière fois à l'essai $n-l$. La probabilité d'une issue ne dépendant que de l'issue de l'essai $n-1$, cette probabilité doublement conditionnelle devrait être constante, indépendante

des valeurs de l , et égale à la valeur de la probabilité de transition stipulée dans les matrices du tableau VII-2, si le mécanisme de décision d'un sujet correspond à la règle de présentation des issues. Ce calcul a été effectué pour les transitions majoritaires et pour le quatrième bloc de chaque condition expérimentale. Par exemple, on a calculé les variations de la probabilité de la réponse V si B, sachant que le précédent V est apparu à l'essai $n-2$, ou $n-3$, ou $n-l$, ce qu'on écrira $p(r_{V, n}, i_{B, n-1}; l)$; ainsi dans les conditions 3, la valeur pour $l=2$ est obtenue en calculant la probabilité de la réponse V après toutes les suites d'issues VB, la valeur pour $l=3$ après toutes les suites VRB et VBB, etc.

La figure VII-4 permet de constater que les courbes obtenues ne sont horizontales dans aucun des groupes : même les sujets du groupe 4 T font intervenir les intervalles dans leurs décisions, au moins à titre d'indice supplémentaire. Cependant il est indéniable que ce groupe a discerné les transitions majoritaires puisque pour $l=2$ toutes les probabilités sont nettement supérieures à l'équiprobabilité (elles sont comprises entre 0,44 et 0,58). A l'opposé, les sujets de groupe 3 N n'ont aucunement répondu en fonction des transitions majoritaires, puisque toutes les probabilités sont nettement inférieures à l'équiprobabilité pour $l=2$ (par ex. dans ce groupe la probabilité de la réponse V si la suite VB est égale à 0,26, alors que la probabilité de l'issue V si l'issue B est égale à 0,70). Les groupes 3 T et 4 N sont à cet égard très proches de 3 N, puisque dans chacun de ces deux groupes une seule valeur est supérieure à l'équiprobabilité pour $l=2$. La conclusion provisoire avancée au début de ce paragraphe paraît ainsi confirmée.

5. *Interprétation des résultats.*

Si nous revenons maintenant à l'apprentissage des caractères markoviens de la série d'issue, la relative supériorité des groupes avec information « totale » sur les groupes homologues avec information nulle ne pose guère de problème, puisqu'elle est conforme à notre attente et aux résultats de l'expérience V. Par contre il s'avère difficile de rendre compte de la supériorité des groupes 4 N et 4 T sur les groupes homologues 3 N et 3 T; ce résultat est contraire à l'hypothèse émise en fonction d'une analyse a priori prenant en considération l'augmentation du nombre de suites distinctes entraînées par l'augmentation de nombre d'issues, à extension identique de ces suites (tab. VII-1);

il est contraire également aux résultats de l'expérience VII-6, où l'apprentissage est retardé par une augmentation du nombre d'issues à ordre constant des probabilités de transition.

Une interprétation simple d'inspiration gestaltiste peut être proposée, en notant qu'à chaque antécédent possible correspondent, outre la transition majoritaire, deux transitions minoritaires dans les conditions 3 et trois transitions minoritaires dans les conditions 4. La supériorité des conditions 4 s'expliquerait par le fait que les transitions majoritaires se détacheraient mieux sur un fond de transitions minoritaires plus nombreuses et seraient plus facilement identifiées. Cette interprétation n'est toutefois pas suffisante, car elle ne permet pas de rendre compte de tous les phénomènes observés; ainsi il faudrait expliquer pourquoi dans le groupe 4T on observe le surajustement conditionnel le plus important pour la transition majoritaire ayant la probabilité la plus faible, et le surajustement conditionnel le moins important pour la transition majoritaire ayant la probabilité la plus élevée.

Une interprétation plus complexe est possible, en considérant la dualité des codages intervenant dans la présente expérience, celui fondé sur les intervalles et celui fondé sur la dernière issue présentée (ou les dernières). On a vu que les intervalles sont utilisés comme indices dans tous les groupes, tandis que la structure markovienne d'ordre 1 de la série est très inégalement exploitée selon les groupes. Dans cette perspective il faut rendre compte pourquoi certains sujets semblent s'en tenir exclusivement à un codage fondé sur les intervalles, tandis que d'autres sujets font intervenir en outre un codage markovien strict. On peut observer que dans l'hypothèse où les intervalles constituent un codage également adéquat avec 3 et 4 issues (ce qui est le cas avec certains critères), ce codage est moins économique avec 4 issues (distribution des intervalles nettement moins restreinte pour 4 issues que pour 3). Ceci favoriserait la recherche d'autres indices plus aisés à manipuler. Un tel processus demeure conjectural, faute d'être confirmé par les analyses appropriées. Notons toutefois que WILLIAM et FISH (1965), dans une expérience où ils présentaient soit des suites de chiffres, soit des suites de lettres, ont observés une diminution de champ d'appréhension de la mémoire immédiate lorsqu'augmente le nombre d'éléments distincts intervenant dans la suite présentée (ce nombre variait de 2 à 9). Ils relèvent en outre l'importance d'un mode de structuration possible de la suite. Si ce phénomène intervient également dans les expériences de prédiction, il pourrait favoriser le choix de codages plus économiques, et notamment de codages markoviens stricts.

Cette interprétation est, certes, complexe, mais il est toujours malaisé de rendre compte simultanément de plusieurs phénomènes par des mécanismes simples.

IV. — Conclusions

Nous venons d'esquisser de nouvelles perspectives de recherche en faisant appel aux notions de codage et de stockage de l'information. Elles présentent divers intérêts, et en particulier celui de saisir les interactions possibles entre le mécanisme de décision et le mécanisme d'apprentissage. Ainsi, nous avons vu comment une extension insuffisante ou trop élevée du champ d'appréhension de la mémoire immédiate (ou la sélection parmi les éléments stockés en mémoire immédiate d'un nombre insuffisant ou trop élevé d'issues antécédentes) peut freiner l'apprentissage (Exp. VI). Nous avons envisagé comment un codage peu adéquat et peu économique peut également entraver ou empêcher un apprentissage (Exp. VII). Pour l'instant, les résultats obtenus ne constituent que des indications favorables à notre interprétation, et non une véritable confirmation.

Cependant, le schéma sommaire que nous avons proposé, et qui sera repris au chapitre prochain, risque fort de nécessiter des amende-ments à cause précisément des interactions possibles entre les divers facteurs invoqués. Ainsi certains codages englobent théoriquement des suites fort longues d'issues antécédentes, alors que les limites du champ d'appréhension de la mémoire immédiate ne permettent pas de recourir à ces suites; de ce fait, un mode particulier de codage n'entraîne pas nécessairement l'utilisation exhaustive de tous les éléments conformes au principe de ce codage. La charge imposée à la mémoire peut également contribuer à amputer un codage d'une partie de ses éléments.

Bien que la conduite des sujets soit vraisemblablement encore plus complexe que ne le stipule le schéma proposé, nous pensons néanmoins que celui-ci permet de soulever des questions importantes. En particulier, il nous semble indispensable de ne pas ignorer le rôle des limites de la capacité de stockage de l'information à court terme et à long terme, car elles peuvent rendre compte, concurremment avec d'autres facteurs, de certains aspects de l'apprentissage.

CHAPITRE VIII

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Les expériences réalisées présentent essentiellement un caractère exploratoire, puisque, au lieu de circonscrire notre attention à un problème unique, nous avons plutôt recherché une vue d'ensemble de la conduite prédictive en situation aléatoire. Cette démarche nous a souvent conduit à ne recueillir que des données fragmentaires, ou à seulement esquisser une interprétation faute de résultats plus nombreux. Le caractère ouvert de notre étude a cependant permis de dégager certains faits susceptibles de constituer un préambule à des recherches ultérieures plus systématiques.

Dans les discussions qui suivent, nous n'introduirons pas de coupure entre la première et la seconde partie de cet ouvrage. En effet, la seconde se distingue de la première essentiellement par une modification de la procédure expérimentale, à savoir l'emploi d'une règle markovienne de présentation des issues au lieu d'une règle aléatoire simple. Si l'accent ne paraît pas toujours placé sur les mêmes questions, il n'en demeure pas moins que les principaux problèmes débattus au cours de la seconde partie sont apparus au cours de la première; et c'est parce que la règle markovienne de présentation nous a paru faciliter leur étude qu'elle a été utilisée. Les problèmes envisagés ne sont donc pas spécifiques à une règle de présentation particulière, pourvu qu'elle soit aléatoire.

I. — Le mécanisme de décision

1. *Une option préalable : les effets séquentiels comme indicateurs des des critères de décision des sujets.*

En analysant les travaux antérieurs, il nous est apparu impossible de rendre compte de l'apprentissage survenant dans les choix en situation aléatoire, et en particulier de rendre compte de la nature de cet apprentissage, sans envisager les indices ou critères de décision utilisés par les sujets. Nous avons considéré qu'une part importante de l'information recherchée était constituée par les effets séquentiels. Cette option se justifie de diverses façons. Il paraît difficile de refuser une fonction d'indice dans le mécanisme de décision des sujets à des suites d'issues qui sont associées à des variations systématiques de la probabilité de réponse. En outre, loin de constituer un ensemble hétéroclite, ces suites peuvent être au moins partiellement regroupées en classes fondées sur la présence d'un caractère commun (répétition, alternance...). Enfin certains caractères de ces suites sont connus pour affecter d'autres aspects du comportement, par exemple au niveau de la perception ou de la rétention.

S'il est difficile de rejeter la présente option, on pourrait cependant en minimiser la portée en attribuant aux effets séquentiels un rôle tout à fait mineur. On pourrait, par exemple, les considérer comme un épiphénomène surajouté au phénomène sous-jacent, mais majeur, d'un apprentissage élémentaire de type S-R. Nous discuterons ce problème à propos de l'incidence du mécanisme de décision sur le mécanisme d'apprentissage.

2. *L'origine des effets séquentiels.*

L'option préalable que nous venons d'exposer est indépendante de l'origine attribuée aux effets séquentiels. Cependant son intérêt est restreint ou important selon la réponse apportée à cette question. Il y a lieu de considérer deux types d'effets séquentiels. Les uns sont conformes aux dépendances séquentielles introduites dans la série des issues par une règle markovienne de présentation. Les autres sont en contradiction avec la règle de présentation, qu'il s'agisse d'une règle aléatoire simple stipulant l'indépendance des événements présentés

(auquel cas tout effet séquentiel est incompatible avec cette règle), ou qu'il s'agisse d'une règle markovienne (auquel cas une fraction ou la totalité des effets séquentiels peuvent présenter des divergences systématiques par rapport à l'ordre et aux valeurs des probabilités de transition). Le problème de l'origine des effets séquentiels se pose seulement pour les seconds, les premiers résultant de l'apprentissage.

Nous avons signalé (chapitre III) que deux hypothèses ont été formulées sur l'origine des effets séquentiels et plus spécifiquement sur l'origine des effets négatifs de récence observés avec une règle aléatoire simple de présentation. L'une les attribue à des habitudes de réponse acquises antérieurement et transférées à la situation expérimentale; l'autre les considère comme étant élaborés au cours de l'expérience. L'apparition immédiate des effets séquentiels est favorable à la première, mais non à la seconde. Considérant que les deux hypothèses ne sont pas incompatibles, nous avons recherché la caution expérimentale qui faisait défaut à la seconde.

3. *Plasticité des effets séquentiels.*

Si certains effets séquentiels sont élaborés au cours de l'expérience, ils doivent se manifester plus tardivement, ou s'ils sont déjà présents au premier bloc, se manifester de façon plus marquée aux blocs suivants. Plusieurs de nos résultats répondent à ces exigences. Nous avons observé une accentuation de l'amplitude d'effets séquentiels présents au début de l'expérience (expériences IV et V) et une inversion radicale du premier au dernier bloc de l'allure générale de la courbe représentative de certains effets séquentiels (exp. V). Ce dernier phénomène traduit non pas un changement dans les indices utilisés, mais une modification de la règle de réponse relative à un même ensemble d'indices. Enfin et surtout, nous avons observé l'apparition progressive d'un effet de récence dans les groupes où il était quasiment absent lors des 100 premiers essais (exp. V).

4. *Diversité des effets séquentiels.*

Si les effets séquentiels sont élaborés au cours de l'expérience, alors ils sont vraisemblablement dépendants des caractères spécifiques de la situation expérimentale, et en particulier de la règle de présentation. Les effets séquentiels devraient alors présenter une grande diver-

sité qu'il serait impossible de décrire par le seul examen des effets de récence. En faisant appel à 3 ou 4 issues et à une règle de présentation markovienne d'ordre 1, nous avons mis en évidence la présence d'effets distincts de l'effet de récence habituellement rapporté, ou effet de récence-répétition. Il s'agit essentiellement de l'effet de récence de rang 2 qui est lié à la longueur d'une suite en alternance simple (exp. V) et de l'effet de récence-intervalle, lié au nombre d'essais survenus à un moment donné depuis la précédente occurrence de chacune des issues possibles (exp. VII). Ainsi les sujets, loin de faire appel invariablement aux mêmes indices, exploitent les caractéristiques propres à chacune des séries présentées.

5. Facteurs retardant l'extinction d'effets séquentiels inadéquats à la règle de présentation.

Lorsqu'il s'agit d'effets séquentiels vraisemblablement imputables à des habitudes pré-expérimentales, comme l'effet de récence-répétition, la lenteur avec laquelle se réalise leur extinction permet de se demander si certains facteurs intervenant au cours de l'expérience ne viendraient pas masquer au sujet leur inadéquation à la règle de présentation des issues. Nous avons dégagé un de ces facteurs possibles en constatant que lorsqu'on demande à des sujets, après l'expérience, d'estimer le nombre dans la série des suites comportant exactement 1, 2, ... k issues successives identiques, la distribution de ces estimations présente la même allure que la courbe de l'effet de récence, avec une partie initiale croissante, puis une partie décroissante (expérience II). Un tel résultat permettrait de rendre compte de la longue persistance ou même de l'accentuation des effets de récence au cours de l'expérience si les sujets considèrent que l'augmentation ou la diminution du nombre de suites comportant $k + 1$ issues identiques par rapport au nombre de suites de k issues identiques, correspond à une augmentation ou à une diminution de la probabilité conditionnelle d'apparition de cette issue. Quoique cette dernière hypothèse paraisse vraisemblable lorsqu'on considère les propos tenus par les sujets, elle n'a pas encore reçu de confirmation expérimentale directe. D'autres facteurs responsables de l'élaboration ou de la consolidation de certains effets séquentiels au cours de l'expérience peuvent être recherchés dans les activités de codage mentionnées ci-après.

6. *Effets séquentiels et activités cognitives.*

Nous venons de mentionner différents résultats relatifs à des effets séquentiels inadéquats à la règle de présentation des issues. Parmi eux, ceux qui sont élaborés ou consolidés en cours d'expérience présentent un grand intérêt. En effet, on peut supposer qu'ils dépendent des activités cognitives mises en jeu par ces sujets pendant l'expérience. Ainsi pour donner un exemple simple, l'ensemble des indices qu'il convient de retenir pour tester une hypothèse sur la règle de présentation varie suivant l'hypothèse émise. Les effets séquentiels constitueraient donc une concrétisation au niveau d'une variable observable de comportement d'une partie de ces activités cognitives.

Nous n'avons pas mis en évidence une détermination d'effets séquentiels spécifiques par des activités cognitives aussi précises que les hypothèses particulières formulées par les sujets. Cependant la notion de codage examinée plus loin se réfère à un phénomène favorable à notre interprétation. L'absence ou la faible amplitude des effets séquentiels liés aux issues antécédentes chez les enfants et les animaux constitue également un résultat favorable à celle-ci.

Il convient de noter que tous les faits rapportés ont été dégagés par une analyse collective. Les mêmes effets séquentiels sont présents dans les analyses individuelles, mais avec une moindre netteté car ils sont intriqués avec d'autres effets séquentiels : l'analyse collective ne fait apparaître que ceux qui sont communs à tous les sujets, ou à une majorité d'entre eux. On perd ainsi une information vraisemblablement plus révélatrice encore des activités cognitives que celle que nous avons mentionnée.

7. *Les codages.*

Les effets séquentiels ne se manifestent pas de façon cahotique après un ensemble hétéroclite de suites d'issues. Ceci nous a autorisé à introduire la notion de codage pour désigner le fait que les sujets répondent de façon différentielle à des suites d'issues dont l'ensemble possède une organisation interne liée à la présence d'une relation particulière commune à ces suites. Nous avons envisagé trois types de codage, chacun correspondant à l'un des trois principaux types d'effets séquentiels relevés dans nos résultats (ce nombre n'est pas limitatif). Le premier codage repose sur le nombre d'issues identiques apparues en

consécution (effet de récence-répétition); le second sur la longueur d'une suite constituée par une alternance simple de deux issues (effet de récence de rang deux); le troisième sur le nombre d'essais intercalés entre deux apparitions de l'issue x , essais au cours desquels apparaît l'issue non- x (effet de récence-intervalle). Le fait notable est que lorsqu'une série d'issues ne comporte que peu de suites en alternance simple et peu de suites répétitives, de sorte que les deux premiers codages ne recoupent que très partiellement cette série, alors le troisième codage devient prévalent (expérience VII).

Un codage constitue en quelque sorte une grille de lecture utilisée par les sujets pour appréhender la diversité que revêt la succession des issues. Un codage peut relever d'un mode de structuration plus ou moins contraignant imposé par certains caractères de la série (en conformité ou non avec les principes de la théorie de la forme); il peut résulter également d'activités spontanément mises en jeu par les sujets à la recherche d'indices ou de patterns. Les codages peuvent être considérés comme une forme d'activités cognitives, à condition de ne pas restreindre le sens de cette expression à la formulation d'hypothèses.

Deux aspects du codage doivent être envisagés pour que cette notion ne soit pas purement descriptive, l'adéquation et l'économie. Ces deux aspects seront définis et discutés ultérieurement, à propos de l'incidence du mécanisme de décision sur le mécanisme de l'apprentissage.

8. Indices et règle de réponse.

Les effets séquentiels permettent d'identifier les indices recherchés par les sujets dans la succession des issues. Mais à un même ensemble d'indices, manifesté par la présence d'une catégorie particulière d'effets séquentiels, on peut répondre différemment. Ainsi on peut observer un effet de récence-répétition, soit positif, soit négatif, après un nombre croissant d'apparitions consécutives d'une même issue. Les indices retenus et la règle de réponse adoptée en présence de ces indices constituent les deux aspects du mécanisme de décision.

La lente modification avec la prolongation de l'exercice de la courbe représentative de divers types d'effets séquentiels, avant l'extinction tardive de ceux-ci, suggère que la règle de réponse est moins rigide que ne l'est le choix des indices. Il semble que les sujets se refusent à restreindre massivement le nombre des indices utilisés, comme en

témoigne l'échec des tentatives destinées à limiter ceux-ci à la dernière issue présentée avec une règle de présentation markovienne d'ordre 1 (exp. V). Même lorsqu'on fait appel à une règle de présentation aléatoire simple, les sujets utilisent de nombreux indices bien qu'on puisse les considérer tous comme non-pertinents. Une règle de présentation markovienne ou non-markovienne n'introduit à cet égard pas de différence fondamentale dans le comportement observé.

Etant donné un indice défini, la règle de réponse à celui-ci peut être déterministe ou probabiliste. Or, lorsqu'on considère l'ensemble des essais caractérisés par l'apparition d'une même suite d'issues aux essais antérieurs, on observe rarement une règle de réponse déterministe, même au niveau individuel (exception faite des éventuels cas correspondant à une probabilité de transition entre issues égale à 1). Il semble donc que d'une manière générale les sujets hésitent à employer une règle de réponse déterministe là où la règle de présentation des issues entraîne une relation probabiliste de consécution entre les issues.

Or, la stratégie optimale impose l'emploi d'une règle de réponse unique et déterministe avec une règle non-markovienne de présentation des issues, de plusieurs règles toutes déterministes avec une règle markovienne de présentation ⁽¹⁾. On peut considérer que la stratégie optimale correspond en quelque sorte, dans les deux cas, à une conduite de détour : c'est en engendrant les réponses d'une manière radicalement distincte de la règle de présentation des issues que l'on peut maximiser l'espérance du nombre de bonnes réponses. Et si on procède ainsi, on engendre dans les deux cas une série de réponses qui diffèrent radicalement de la série des issues. Ceci constitue peut-être la raison première de la résistance à l'adoption de la stratégie optimale, soit qu'on procède effectivement à une expérience de prédiction, soit que l'expérience consiste simplement en un problème où les sujets étant informés des caractères principaux de la situation, ils doivent indiquer la stratégie qui leur paraît la plus payante (LAMBERT et ZALESKA, 1966).

Les observations précédentes ne nous autorisent pas à conclure que les sujets préfèrent une règle de réponse aléatoire à une règle de réponse déterministe. La multiplicité des indices utilisés permet au contraire de suggérer qu'ils recherchent dans la série des relations de consécution déterministes ou quasi déterministes avant d'adopter une règle de réponse déterministe.

(1) Exceptions faites dans le premier cas de l'équiprobabilité moyenne des issues, dans le second cas de l'équiprobabilité conditionnelle des issues.

II. — Incidence du mécanisme de décision sur le mécanisme d'apprentissage

1. *Premiers résultats.*

Nous venons de relever la multiplicité des facteurs susceptibles d'intervenir dans le mécanisme de décision, d'où résulte la diversité des aspects que peut revêtir celui-ci. Cette diversité conduit tout naturellement à se demander si le mécanisme d'apprentissage est indépendant du mécanisme de décision adopté, ou si à des mécanismes de décision différents correspondent des mécanismes d'apprentissage dissemblables. Les résultats obtenus dans d'autres situations expérimentales sont en faveur de la deuxième éventualité; ainsi que dans les situations d'identification de concepts l'apprentissage de la règle (déterministe) de présentation des issues est plus ou moins rapide selon l'ordre dans lequel les divers indices possibles sont sélectionnés.

Par ailleurs, en examinant les résultats d'expériences réalisées avec deux issues et une règle de présentation markovienne d'ordre 1, on peut s'étonner de constater un ajustement strict au niveau des probabilités moyennes alors qu'on observe des surajustements ou sous-ajustements conditionnels systématiques. Si dans certaines circonstances on observe un phénomène de compensation de tous les écarts entre probabilités conditionnelles de réponse et probabilités de transition des issues, compensation qui sauvegarde l'ajustement moyen malgré les modifications survenant dans les effets séquentiels, on doit se demander s'il en est ainsi en règle générale. En effet, dans l'affirmative, il faudrait envisager l'hypothèse que l'ajustement moyen résulte de facteurs différents de ceux qui provoquent l'apparition et l'évolution des effets séquentiels; on pourrait invoquer par exemple une activité autonome de régulation des fréquences moyennes des réponses de façon à ce qu'elles correspondent toujours aux probabilités moyennes des issues, indépendamment des autres activités qui suscitent les effets séquentiels. La mise en évidence d'une corrélation modérée et constante entre la fréquence d'une réponse et l'estimation de la probabilité d'apparition de l'issue correspondante (exp. 1) est compatible avec une telle hypothèse, mais d'autres résultats permettent de la rejeter. En utilisant trois issues et diverses règles de présentation markoviennes d'ordre 1 choisies pour leur aptitude à engendrer des effets séquentiels de types différents, on a pu mettre en défaut les compensations évoquées plus haut et provo-

quer un non-ajustement des probabilités moyennes de réponse (exp. IV). L'ajustement ou le non-ajustement moyen semble donc bien une résultante des facteurs qui provoquent l'apparition et l'évolution des effets séquentiels.

Le mécanisme de décision peut retentir non seulement sur l'adaptation du comportement aux probabilités moyennes des issues, mais aussi sur l'adaptation aux probabilités de transition entre issues. En utilisant trois ou quatre issues et une règle de présentation markovienne d'ordre 1, on a observé que les probabilités de réponse conditionnelles sur la dernière issue présentée demeurent dans certaines conditions expérimentales très proches de l'équiprobabilité pendant toute l'expérience ou manifestent une évolution très lente (exp. VII). Or un effet séquentiel particulier, l'effet de récence-intervalle, est apparu ici : on n'observe aucun apprentissage dans les groupes où cet effet paraît rendre compte à lui seul des variations survenues dans les probabilités conditionnelles de réponse.

Les résultats cités sont favorables à l'hypothèse sans en constituer une vérification directe. Nous allons examiner maintenant les notions de codage et de stockage de l'information sous la rubrique de l'incidence du mécanisme de décision sur le mécanisme de réponse, car elles permettent d'expliciter en partie ce qui détermine cette incidence.

2. *L'adéquation d'un codage.*

Un premier aspect du codage à considérer est son adéquation à la règle de présentation des issues. En effet, un codage correspond à des caractères de la série qui sont dépendants ou indépendants des probabilités spécifiées par la règle de présentation. De ce fait, les différentes suites constituant les unités du codage fournissent des indices plus ou moins valides pour effectuer des prédictions. Par exemple, un codage fondé sur le rang des essais est totalement inadéquat avec une règle markovienne de présentation.

L'adéquation se présente en des termes différents selon que la règle de présentation est non-markovienne ou markovienne. Lorsqu'elle est non-markovienne, tous les codages peuvent être dits inadéquats, en ce sens que les probabilités moyennes des issues sont indépendantes de tous les caractères de la série et qu'il n'existe aucun indice permettant d'accroître la sécurité des prédictions; mais inversement, tous les codages peuvent être dits adéquats, précisément parce qu'à tous les

indices correspondent des probabilités constantes : ils permettent de découvrir les deux caractères fondamentaux de cette règle de présentation, l'indépendance des issues à l'égard des événements considérés et les valeurs des probabilités moyennes. Par contre, avec une règle markovienne de présentation, l'adéquation d'un codage repose sur des exigences beaucoup plus grandes. En pareil cas, un codage pleinement adéquat doit englober des éléments auxquels correspondent de façon univoque toutes les valeurs différentes prises par les probabilités de transition entre les issues; un codage sera partiellement adéquat si seules les variations des probabilités moyennes des issues sont associées à ses éléments, ou si seulement une partie des probabilités de transition leur sont associées.

Ce facteur permet de rendre compte de la plus grande facilité avec laquelle se réalise l'adaptation lorsqu'on emploie une règle aléatoire simple plutôt qu'une règle markovienne; rappelons que, dans ce dernier cas, on peut n'observer aucun apprentissage avec une règle de présentation relativement simple. D'une manière générale, lorsque le codage est adéquat, l'apprentissage doit se traduire par l'abandon de la règle de réponse initialement adoptée au profit d'une règle de réponse conforme à la règle de présentation, et lorsque le codage est inadéquat, par l'abandon de celui-ci au profit d'un codage adéquat.

3. *L'économie du codage.*

L'économie d'un codage se réfère au nombre total d'unités incluses dans celui-ci : à degré égal d'adéquation, un codage sera plus économique qu'un autre si le nombre de ses unités est plus réduit. Ainsi avec une règle de présentation markovienne d'ordre 1, un codage ne faisant appel qu'à la dernière issue présentée est plus économique qu'un codage faisant appel aux trois dernières issues, tous les deux étant parfaitement adéquats si on se réfère à la définition de l'adéquation donnée précédemment. Utiliser un codage peu économique oblige à manipuler plus d'information, et de ce fait impose une charge plus grande à la mémoire.

4. *Codage et stockage de l'information.*

La notion de codage présente l'intérêt de permettre d'évaluer la charge imposée à la mémoire au cours de l'apprentissage. Cet intérêt

peut n'être pas fictif si les sujets emploient un codage précis que l'expérimentateur est capable de discerner, ou si l'expérimentateur est en mesure d'imposer un codage particulier aux sujets.

Il est en effet difficile d'évaluer a priori le degré effectif de difficulté d'un apprentissage lorsque varient certains facteurs de la règle de présentation. Ainsi, l'information minimale théoriquement nécessaire est plus grande lorsqu'on augmente le nombre d'issues possibles ou l'ordre des probabilités conditionnelles. Malheureusement, les sujets ne mettent jamais en jeu juste l'information minimale requise en fonction de la règle de présentation, ce qui a pour résultat de perturber l'ordre de difficulté attendu. Ainsi nous avons observé un apprentissage supérieur en faisant intervenir quatre issues au lieu de trois, les autres facteurs étant contrôlés (exp. VII). L'expérimentateur ne peut faire de prédictions valides sans considérer, outre la règle de présentation, les codages utilisés.

Or les codages n'interviennent pas dans la difficulté de l'apprentissage seulement par leur adéquation à la règle de présentation, mais aussi par leurs rapports avec la mémoire. Ainsi le mécanisme de décision des sujets, qui fait appel à des événements expérimentaux survenus dans un passé proche, implique un stockage à très court terme de ceux-ci. Les études sur la mémoire immédiate ont certes montré que la possibilité de coder les éléments du matériel présenté en un nombre plus restreint de nouvelles unités permet d'accroître l'extension du champ d'appréhension; mais les conditions propres aux expériences de prédiction, qui imposent une activité continue de mémorisation où stockage de l'information et utilisation de l'information stockée sont étroitement intriqués, constituent un handicap susceptible de neutraliser le précédent avantage. En considérant un nombre insuffisant d'issues antérieures, les sujets peuvent ne pas discerner les caractères de la situation constituant un prédicteur valide des issues possibles (exp. VI). Par ailleurs, les modifications de la règle de réponse à un même ensemble d'indices supposent un stockage à plus long terme. Or, un codage peu économique, comportant un nombre élevé d'éléments, risque de dépasser la capacité de la mémoire à long terme.

III. — Conjectures sur le mécanisme de l'apprentissage

Nous allons tenter de systématiser les résultats précédents et les interprétations proposées en un tableau général. Ceci constitue une

tentative pour intégrer dans une même problématique les aspects cognitifs de la conduite et ceux qui permettent de l'assimiler à un apprentissage associatif de type S-R. Il nous a paru tout aussi illégitime d'ignorer les premiers pour réduire la conduite à une forme élémentaire d'apprentissage, que d'ignorer les seconds pour l'assimiler à une pure tâche de résolution de problème.

La validité éventuelle des hypothèses formulées ci-dessous est limitée aux expériences de prédiction simple, où la règle de présentation est indépendante des réponses des sujets, et où l'utilité des diverses issues consiste en un simple apport d'information sur l'« état de la nature » (pas de récompenses ou de sanctions matérielles). Elle est aussi limitée à des sujets humains adultes ou à des enfants d'âge scolaire.

L'interprétation générale que nous proposons repose sur les quatre hypothèses principales suivantes :

— Différents facteurs (activités cognitives, habitudes pré-expérimentales) déterminent la sélection d'un codage particulier (ou de plusieurs codages complémentaires) en fonction de certains caractères propres à la série des issues présentées. A ce codage est associée une règle de réponse, généralement provisoire, qui détermine la nature des premiers effets séquentiels observés.

— Les différentes unités d'un codage, qui correspondent par exemple aux diverses suites d'issues auxquelles le sujet répond de façon différentielle, constituent les stimulus effectifs intervenant dans le mécanisme de décision et le mécanisme d'apprentissage.

— De ce fait, un apprentissage peu se développer suivant un schéma de type S-R, à la condition expresse de prendre en considération les stimulus effectifs circonscrits par l'activité du sujet et échappant au contrôle direct de l'expérimentateur. L'apprentissage se traduit par une modification de la règle de réponse aux différentes unités du codage (et éventuellement par un changement de codage). Etant donné le stimulus effectif intervenant à un essai, l'issue de l'essai affecte la probabilité ultérieure de réponse à ce même stimulus effectif, entraînant ainsi une modification progressive du comportement (excepté si le codage n'est pas économique).

— L'utilisation d'un codage déterminé n'exclut pas que certains caractères de la série étrangers à ce codage puissent faire l'objet d'un apprentissage. Mais il y aurait alors entre la modification du comportement relative à des caractères propres au codage, et celle relative à des caractères étrangers, une relation analogue à celle existant entre

apprentissage intentionnel et apprentissage incident. En particulier, un codage adéquat et économique entraînerait une adaptation plus rapide à la règle de présentation des issues qu'un apprentissage incident.

Ce schéma peut paraître frustré dans la mesure où de nombreux problèmes sont ignorés; ceux-ci ne peuvent être intégrés sans faire intervenir des hypothèses supplémentaires. Il est cependant beaucoup plus complexe que nombre de ceux proposés jusqu'ici; cela se traduit par la grande difficulté qu'on rencontre pour élaborer un modèle mathématique correspondant à ces hypothèses.

La principale lacune de ce schéma réside dans l'absence de propositions relatives à la nature de l'agent renforçateur et au mécanisme du renforcement. En particulier, on doit se demander si la probabilité de réponse est effectuée seulement par l'issue présentée par l'expérimentateur (issue-état), indépendamment de la réponse du sujet, ou si elle est affectée par l'exactitude et l'inexactitude de la réponse du sujet (issue-sanction). Dans la seconde éventualité, une question nouvelle surgit, relative à la symétrie ou à la non-symétrie de l'effet d'une réponse exacte et d'une réponse inexacte sur la probabilité de réponse : une réponse exacte entraîne-t-elle une augmentation de la probabilité de celle-ci égale à la diminution de probabilité due à l'inexactitude de cette même réponse ?

Il est impossible d'effectuer des prédictions précises, en particulier sur les probabilités moyennes au terme de l'exercice, sans répondre à ces deux questions. Faute de données expérimentales solides sur ces points, nous avons préféré laisser ces questions ouvertes plutôt que de présumer de la réponse. Tel qu'il est esquissé, ce schéma nous paraît correspondre à une conduite générale extrêmement fréquente des sujets humains dans les expériences simples de prédiction. Bien qu'il soit extrêmement imprécis sur ce point, il ouvre la porte à l'intervention d'activités cognitives dans un processus d'apprentissage de type S-R.

IV. — Perspectives futures de recherche

De nombreuses recherches peuvent être entreprises dans le prolongement immédiat des travaux fragmentaires que nous avons réalisés. Pour n'en citer que quelques-unes : établissement d'une typologie des effets séquentiels permettant d'isoler les codages utilisés; recherche des facteurs déterminant le choix d'un codage, et celui-ci étant effectué,

le choix de la règle de réponse initialement adoptée; il faudra notamment envisager l'incidence des activités cognitives (représentations de la situation, hypothèses...) sur ces choix; recensement des habitudes pré-expérimentales et problème de leur formation; étude de l'incidence du mécanisme de décision sur l'apprentissage. En dehors d'une confirmation plus rigoureuse de nos hypothèses, il ne paraît pas assuré toutefois que la multiplication des recherches dans cette même perspective soit le plus profitable à une meilleure compréhension des choix en situation aléatoire. En effet, la complexité des phénomènes liés aux effets séquentiels est telle qu'il paraît prématuré de vouloir en rendre compte pleinement en l'état actuel de la science psychologique. Cependant, l'élaboration de procédures permettant d'imposer aux sujets des mécanismes de décision définis en contrôlant les stimulus effectifs utilisés peut permettre d'acquérir rapidement une information précieuse.

En demeurant dans le cadre des expériences simples de prédiction, d'autres problèmes spécifiques à celles-ci attendent une réponse. Une partie de ces problèmes surgissent lorsqu'on confronte le schéma proposé au paragraphe précédent pour rendre compte de la conduite habituelle des sujets humains adultes, à deux autres types de mécanismes de décision et d'apprentissage fort peu fréquents par contre chez ces sujets. En se référant à une règle aléatoire simple de présentation, il y a lieu d'envisager les deux cas additionnels suivants :

— Les effets séquentiels sont absents, ou faibles et alors imputables exclusivement à la cumulation des renforcements et pénalisations successifs. La distribution de probabilités sur les réponses se modifie progressivement jusqu'à sa stabilisation finale au niveau d'un ajustement ou d'un surajustement.

— La stratégie optimale est adoptée d'emblée ou en cours d'exercice. Elle résulte d'un « calcul » (entendu en un sens large, et pas exclusivement au sens de calcul numérique) établissant que le gain maximum est obtenu en utilisant une règle de réponse différente de la règle de présentation, conduite que nous avons qualifiée précédemment de détour. L'apparition de la stratégie optimale ne résultant pas dans le cas présent d'un mécanisme particulier de renforcement, elle entraîne une discontinuité dans le comportement au lieu de constituer le terme d'une évolution progressive.

On aboutit ainsi à trois types schématiques de conduite, que l'on peut caractériser et ordonner par le degré de complexité des habitudes mises en jeu; ce faisant, on se réfère à une distinction établie par

MELTON (1964) à propos des apprentissages verbaux, où il invoque l'intervention d'habitudes d'ordre 1 qui correspondent à des réponses instaurées par répétition et renforcement, et d'habitudes d'ordre 2 ou d'ordre supérieur qui correspondent aux activités symboliques et cognitives. On dénommera conduite de type 1 celle où les effets séquentiels sont absents ou faibles et où le mécanisme du renforcement constitue le déterminant exclusif; conduite de type 2, celle qui correspond à l'intervention d'activités cognitives engendrant des effets séquentiels marqués, parallèlement à l'intervention du mécanisme du renforcement; et conduite de type 3, celle où les activités cognitives sont exclusives ou prévalentes et déterminent le choix de la stratégie optimale.

Le type 1 de conduite permet de décrire de façon adéquate la conduite de sujets animaux ou d'enfants d'âge préscolaire. Par contre, il ne semble se manifester chez des sujets humains adultes qu'au terme d'un très long exercice, comme s'il leur était difficile de se départir des instruments usuels que sont les activités cognitives. Une fois encore, des progrès sensibles semblent dépendre de l'emploi de nouvelles procédures expérimentales : on obtiendrait une vue plus claire du comportement en situation aléatoire si on parvenait à créer des conditions permettant d'empêcher ou de réduire l'intervention des activités cognitives et des effets séquentiels. A cet égard, la présente situation est un peu comparable à celle rencontrée en neurologie, où il s'avère malaisé d'étudier l'activité autonome des centres inférieurs indépendamment de l'incidence sur ceux-ci de l'activité des centres supérieurs. Si de telles procédures s'avéraient possibles, il serait alors beaucoup plus aisé d'étudier le mécanisme du renforcement; on pourrait également distinguer les cas où les activités cognitives ont un rôle facilitateur et ceux où elles constituent un handicap pour l'apprentissage, ce qui permettrait de mieux apprécier leur contribution à celui-ci.

Les problèmes relatifs au type 2 de conduite ont été évoqués précédemment. Quant au type 3, il pose le problème aujourd'hui bien connu des facteurs qui favorisent ou entravent la stratégie optimale. Ce problème nous paraît avoir été souvent envisagé en des termes trop globaux d'une part, trop spécifiques aux expériences avec une règle aléatoire simple de présentation d'autre part. Il est nécessaire de bien dissocier la détermination d'une stratégie d'ensemble et la représentation de la situation élaborée par les sujets à partir de l'information communiquée par les consignes ou de l'information acquise en cours d'exercice. Or nous ne savons que peu de choses sur ces représentations. Il est vraisemblable que le choix de la stratégie optimale ne se pose pas de la

même façon selon que celle-ci est une stratégie pure ou une stratégie mixte. Il est vraisemblable aussi qu'il ne se pose pas de la même façon selon qu'il s'agit d'une stricte situation de résolution de problème (où l'unique réponse requise consiste précisément à proposer une stratégie d'ensemble), ou d'une situation de prédiction imposant un grand nombre de choix successifs; des expériences dans lesquelles on placerait dans ces deux situations les mêmes sujets ou des sujets équivalents seraient souhaitables. Enfin, en faisant appel à des problèmes analogues à ceux utilisés dans le cadre de la théorie de la décision, et en faisant varier systématiquement certaines données de ces problèmes (nature de la règle aléatoire de présentation, valeur des probabilités, valeur du gain et de la perte associée aux divers choix), on peut espérer acquérir une meilleure compréhension des « calculs » opérés par les sujets pour la détermination d'une stratégie. En effet, on obtient parfois plus d'information en consultant un tableau systématique des variations de l'objet étudié qu'en circonscrivant son attention à une étude minutieuse de l'une des cases du tableau.

Enfin, il semble capital d'accorder un intérêt privilégié au renforcement dans l'étude du comportement en situation aléatoire, à l'exemple des auteurs qui ont réalisé les premières expériences. Au cours de ces deux dernières décades, c'est essentiellement dans les travaux sur les modèles stochastiques que ce problème a été envisagé. Or le caractère trop conjectural de nos connaissances sur la nature de l'agent renforçateur et la nature du mécanisme du renforcement ne permet pas d'exploiter pleinement les résultats acquis concernant d'autres aspects du comportement étudié. De telles expériences ne présentent pas seulement un intérêt intrinsèque à la présente situation, mais peuvent également améliorer notre compréhension de l'apprentissage survenant dans d'autres situations. Ainsi dans les expériences de discrimination comportant une règle déterministe de présentation des issues, les sujets se trouvent dans une situation de renforcement aléatoire lorsqu'ils utilisent des indices non-pertinents. D'une manière générale, c'est par une meilleure connaissance du renforcement que l'on parviendra à tisser un réseau continu de relations permettant d'unifier notre savoir relatif, soit aux diverses situations d'apprentissage avec une règle aléatoire de présentation des issues, soit à l'ensemble des situations d'apprentissage avec une règle déterministe ou aléatoire.

Ainsi les expériences de prédiction en situation aléatoire ne nous permettent pas seulement de mieux comprendre le comportement de l'homme lorsque les événements qui surviennent dans l'environnement

indépendamment de son action ou lorsque les conséquences de son action ne peuvent être prédites avec certitude, cas si fréquents qu'ils suffisent à justifier des travaux plus étendus. Elles nous permettent en outre d'acquérir des connaissances plus précises sur les caractères généraux de l'apprentissage, que celui-ci survienne en situation aléatoire ou non. L'intérêt de ces expériences est toujours actuel.

BIBLIOGRAPHIE

- ANDERSON, N.H. — An analysis of sequential dependencies, in BUSH, R.R., ESTES, W.K. (eds) — *Studies in mathematical learning theory*, Stanford, Stanford Univ. Press, 1959, p. 248-264.
- ANDERSON, N.H. — Effect of first-order conditional probability in a two-choice learning situation. — *J. exp. Psychol.*, 1960, **59**, 71-93.
- ANDERSON, N.H. — An evaluation of stimulus sampling theory, in MELTON, A.W. (ed.), *Categories of human learning*, New York, Academic Press, 1964, p. 129-144.
- ANDERSON, N.H., GRANT, D.A. — A test of a statistical learning theory model for two-choice behavior with double stimulus events. — *J. exp. Psychol.*, 1957, **54**, 305-317.
- ANDERSON, N.H., WHALEN, R.E. — Likelihood judgments and sequential effects in a two-choice probability learning situation. — *J. exp. Psychol.*, 1960, **60**, 111-120.
- ANDREWS, J.M. — Individual choice and strategy behavior, in MESSICK, S., BRAYFIELD, A.H. (eds) — *Decision and choice*, New York, McGraw Hill, 1964, p. 251-256.
- ATKINSON, R.C., ESTES, W.K. — Stimulus sampling theory, in LUCE, R.D., BUSH, R.R., GALANTER, E. (eds) — *Handbook of mathematical psychology*, vol. II, New-York, Wiley, 1963, p. 121-268.
- ATTNEAVE, F. — Psychological probability as a function of experienced frequency. — *J. exp. Psychol.*, 1953, **46**, 81-86.
- BACKAN, P. — Response tendencies in attempts to generate random binary series. — *Amer. J. Psychol.*, 1960, **73**, 127-131.
- BEHREND, E.R., BITTERMAN, M.E. — Probability-matching in the fish. — *Amer. J. Psychol.*, 1961, **74**, 542-551.
- BITTERMAN, M.E. — Toward a comparative psychology of learning. — *Amer. Psychologist*, 1960, **15**, 704-712.
- BITTERMAN, M.E. — Phyletic differences in learning. — *Amer. Psychologist*, 1965, **20**, 396-410.
- BITTERMAN, M.E., WODINSKY J., CANDLAND, D.K. — Some comparative psychology. — *Amer. J. Psychol.*, 1958, **71**, 94-110.
- BOGARTZ, R.S. — Sequential dependencies in children's probability learning. — *J. exp. Psychol.*, 1965, **70**, 365-370.
- BRACKBILL, Y., KAPPY, M.S., STARR, R.H. — Magnitude of reward and probability learning. — *J. exp. Psychol.*, 1962, **63**, 32-35.
- BRAND, H., SAKODA, J.M., WOODS, P.J. — Effects of a random versus pattern instructional set in a contingent partial reinforcement situation. — *Psychol. Rep.*, 1957, **3**, 473-479.

- BRESSON, F. — Les décisions, in FRAISSE, P., PIAGET, J. — *Traité de psychologie expérimentale*, tome VIII, Paris, P.U.F., 1965, p. 221-306.
- BROGDEN, W.J. — The effect of frequency of reinforcement upon the level of conditioning. — *J. exp. Psychol.*, 1939, 24, 419-431.
- BRUNER, J.S., GOODNOW, J.J., AUSTIN, G.A. — *A study of thinking*. New York, J. Wiley, 1956.
- BRUNER, J.S., WALLACH, M.A., GALANTER, E.H. — The identification of recurrent regularity. — *Amer. J. Psychol.*, 1959, 72, 200-209.
- BRUNSWICK, E. — Probability as a determiner of rat behavior. — *J. exp. Psychol.*, 1939, 25, 175-197.
- BRUNSWICK, E. — Representative design and probability theory in a functional psychology. — *Psychol. Rev.*, 1955, 62, 193-217.
- BURKE, C.J., ESTES, W.K. — A component model for stimulus variables in discrimination learning. — *Psychometrika*, 1957, 22, 133-145.
- BURKE, C.J., ESTES, W.K., HELLYER, S. — Rate of verbal conditioning in relation to stimulus variability. — *J. exp. Psychol.*, 1954, 48, 153-161.
- BUSH, R.R., ESTES, W.K. — *Studies in mathematical learning theory*, Stanford, Stanford Univ. Press, 1959.
- BUSH, R.R., MOSTELLER, F. — *Stochastic models for learning*, New-York, J. Wiley, 1955.
- BUSH, R.R., GALANTER, E., LUCE, R.D. — Characterisation and classification of choice experiments, in LUCE, R.D., BUSH, R.R., GALANTER, E. (eds) — *Handbook of mathematical psychology*, New-York, J. Siley, 1963, vol. I, p. 77-102.
- CARLSMITH, M. — *Strenght of expectancy: its determinants and effects*, Unpubl. doctorat diss., Cambridge, Mass, Harvard Univ., 1962, cité par ABELSON, R.P. — The choice of choice theories, in MESSICK, M., BRAYFIELD, A.M. (eds) — *Decision and choice*, New-York, McGraw Hill, 1964, p. 265.
- COHEN, J. — *Hasard, adresse et chance*, trad. franç., Paris, P.U.F., 1963.
- COHEN, J., HANSEL, M. — *Risque et jeu*, trad. franç., Neuchâtel, Delachaux et Niestlé, 1957.
- COTTON, J.W., RECHTSCHAFFEN, A. — Replication report: two and three choice verbal-conditioning phenomena. *J. exp. Psychol.*, 1958, 56, 96.
- CRAIG, G.J., MYERS, J.L. — A developmental study of sequential two-choice decision making. — *Child Developm.*, 1963, 34, 483-493.
- DALE, H.C.A. — Recency in two-choice guessing tasks. — *Brit. J. Psychol.*, 1965, 56, 33-44.
- DALE, H.C.A. — Positive and negative recency in two-choice guessing. — *Brit. J. Psychol.*, 1966, 57, 35-43.
- DASHIELL, J.F., BAYROFF, A.G. — A forward going tendency in maze running. — *J. comp. Psychol.*, 1931, 12, 77-94.
- DERKS, P.L. — The generality of the "conditioning axiom" in human binary prediction. — *J. exp. Psychol.*, 1962, 63, 538-545.
- DERKS, P.L. — Effect of run length on the "gambler's fallacy". *J. exp. Psychol.*, 1963, 65, 213-214.
- DERKS, P.L., PACLISANU, M.I. — Simple strategies in binary prediction by children and adults. — *J. exp. Psychol.*, 1967, 73, 278-285.
- DETAMBEL, M.H. — A test of a model for multiple-choice beehavior. — *J. exp. Psychol.*, 1955, 49, 97-104.

- EDWARDS, W. — Reward probability, amount, and information as determiners of sequential two-alternative decisions. — *J. exp. Psychol.*, 1956, **52**, 177-188.
- EDWARDS, W. — Probability learning in 1000 trials. — *J. exp. Psychol.*, 1961, **62**, 385-394.
- ENGLER, J. — Marginal and conditional stimulus and response probabilities in verbal conditioning. — *J. exp. Psychol.*, 1958, **55**, 303-317.
- ENGLISH, H.B., ENGLISH, A.C. — *A comprehensive dictionary of psychological and psychoanalytical terms*, New-York, Longmans and Green, 1958.
- ESTES, W.K. — Toward a statistical theory of learning. — *Psychol. Rev.*, 1950, **57**, 94-107.
- ESTES, W.K. — Component and pattern models with Markovian interpretations, in BUSH, R.R., ESTES, W.K. — *Studies in mathematical learning theory*, Stanford, Stanford Univ. Press, 1959, p. 9-52 (a).
- ESTES, W.K. — The statistical approach to learning theory, in KOCH, S. (ed.) — *Psychology: a study of a science*, New-York, McGraw Hill, vol. 2, 1959, p. 380-491 (b).
- ESTES, W.K. — Learning theory. — *Ann. Rev. Psychol.*, 1962, **13**, 107-144.
- ESTES, W.K. — Probability learning, in MELTON, A.W. (ed.), *Categories of human learning*, New-York, Academic Press, 1964, p. 89-128.
- ESTES, W.K., BURKE, C.J. — A theory of stimulus variability in learning. — *Psychol. Rev.*, 1953, **60**, 276-286.
- ESTES, W.K., STRAUGHAN, J.H. — Analysis of a verbal conditioning situation in terms of statistical learning theory. — *J. exp. Psychol.*, 1954, **47**, 225-234.
- FEATHER, N.T. — Subjective probability and decision under uncertainty. — *Psychol. Rev.*, 1959, **66**, 150-164.
- FELDMAN, J. — On the negative recency hypothesis in the prediction of a series of binary symbols. — *Amer. J. Psychol.*, 1959, **72**, 597-599.
- FELDMAN, J., NEWELL, A. — A note on a class of probability matching models. — *Psychometrika*, 1961, **26**, 333-337.
- FLAMENT, C. — Fréquence et certitude des réponses dans une série prédictive. — *Année psychol.*, 1963, **63**, 29-41.
- FLOOD, M.M. — Environmental non-stationarity in a sequential decision-making experiment, in THRALL, R.M., COOMBS, C.H., DAVIS, R.L. (eds) — *Decision processes*, New-York, J. Wiley, 1954, p. 287-299.
- FRIEDMAN, M.P., BURKE, C.J., COLE, M., KELLER, L., MILLWARD, R.B., ESTES, W.K. — Two-choice behavior under extended training with shifting probabilities of reinforcement, in ATKINSON, R.C. (ed.), *Studies in mathematical psychology*, Stanford, Stanford Univ. Press, 1964, p. 250-316.
- GALANTER, E., BUSH, R.R. — Some T-maze experiments, in BUSH, R.R., ESTES, W.K. (eds) — *Studies in mathematical learning theory*, Stanford, Stanford Univ. Press, 1959, p. 265-289.
- GAMBINO, B., MYERS, J.L. — Effect of mean and variability of event run length on two-choice learning. — *J. exp. Psychol.*, 1966, **72**, 904-908.
- GARDNER, R.A. — Probability-learning with two and three choices. — *Amer. J. Psychol.*, 1957, **70**, 174-185.
- GARDNER, R.A. — Multiple-choice decision-behavior. — *Amer. J. Psychol.*, 1958, **71**, 710-717.
- GIBSON, J.J. — The concept of the stimulus in psychology. — *Amer. Psychologist*, 1960, **15**, 694-703.

- GOLDMAN, A.E., DENNY, J. — The ontogenesis of choice behavior in probability and sequential programs. — *J. genet. Psychol.*, 1963, 102, 5-18.
- GOODNOW, R.E. — Utilization of partially valid cues in perceptual identification, Unpublis. Ph. D. thesis, Harvard Univ. (cité par BRUNER, J.S., GOODNOW, J.J., AUSTIN, C.A. — *A study of thinking*, New-York, Wiley, 1956).
- GOODNOW, J.J. — Determinants of choice-distribution in two-choice situations. — *Amer. J. Psychol.*, 1965, 68, 106-116 (a).
- GOODNOW, J.J. — Response-sequences in a pair of two-choice probability situations. — *Amer. J. Psychol.*, 1965, 68, 624-630 (b).
- GOODNOW, J.J., PETTIGREW, T.F. — Effect of prior patterns of experience upon strategies and learning sets. — *J. exp. Psychol.*, 1955, 49, 381-389.
- GOODNOW, J.J., PETTIGREW, T.F. — Some sources of difficulty in solving simple problems. — *J. exp. Psychol.*, 1956, 51, 385-392.
- GOODNOW, J.J., POSTMAN, L. — Probability learning in a problem solving situation. — *J. exp. Psychol.*, 1955, 49, 16-22.
- GRANT, D.A., HAKE, H.W., HORNSETH, J.P. — Acquisition and extinction of a verbal conditioned response with differing percentages of reinforcement. — *J. exp. Psychol.*, 1951, 42, 1-5.
- GRANT, D.A., HORNSETH, J.P., HAKE, H.W. — The influence of the inter-trial interval of the Humphreys' "random reinforcement" effect during the extinction of a verbal response. — *J. exp. Psychol.*, 1950, 40, 609-612.
- GREEN, P.C. — Three-choice probability learning: effect of varying information level. — *Psychon. Science*, 1966, 6, 267-268.
- GREEN, R.T. — Factors affecting inductive predictions. — *Brit. J. Psychol.*, 1958, 49, 97-105.
- GRUEN, G.E., WEIR, M.W. — Effects of instructions, penalty and age on probability learning. — *Child Developm.*, 1964, 35, 265-273.
- HAKE, H.W., HYMAN, R. — Perception of the statistical structure of a random series of binary symbols. — *J. exp. Psychol.*, 1953, 45, 64-74.
- HEBB, D.O. — *The organization of behavior*, New-York, Wiley, 1949, 335 p.
- HILGARD, E.R. — *Introduction to psychology*, New-York, Hecourt, Brace and World, 3rd ed., 1962, 678 p.
- HILGARD, E.R., MARQUIS, D.G. — *Conditioning and learning*, New-York, Appleton-Century Crofts, 1940, 429 p.
- HILL, W.F., COTTON, J.W., CLAYTON, K.N. — Effect of reward magnitude, percentage of reinforcement, and training method on acquisition and reversal in a T-maze. — *J. exp. Psychol.*, 1962, 64, 81-86.
- HINRICHS, J.V. — Short-term memory with a guessing technique. — *J. exp. Psychol.*, 1966, 71, 89-95.
- HUMPHREYS, L.G. — The effect of random alternation of reinforcement on the acquisition and extinction of conditioned eyelid reactions. — *J. exp. Psychol.*, 1939, 25, 141-158 (a).
- HUMPHREYS, L.G. — Acquisition and extinction of verbal expectations in a situation analogous to conditioning. — *J. exp. Psychol.*, 1939, 25, 294-301 (b).
- HUMPHREYS, L.G. — Generalisation as a function of method of reinforcement. — *J. exp. Psychol.*, 1939, 25, 361-372 (c).
- HUMPHREYS, L.G. — Extinction of conditioned psycho-galvanic responses following two conditions of reinforcement. — *J. exp. Psychol.*, 1940, 27, 71-75.
- HUMPHREYS, L.G., MILLER, J., ELLSON, D.G. — The effect of the inter-trial interval

- on the acquisition, extinction, and recovery of verbal expectations. — *J. exp. Psychol.*, 1940, 27, 195-202.
- JARVIK, M.E. — Probability discrimination and the gambler's fallacy in guessing. — *Amer. Psychologist*, 1946, 1, 453-454.
- JARVIK, M.E. — Probability learning and a negative recency effect in the serial anticipation of alternative symbols. *J.exp. Psychol.*, 1951, 41, 291-297.
- JENKINS, W.O., STANLEY, J.C., Jr. — Partial reinforcement: a review and critique. — *Psychol. Bull.*, 1950, 47, 193-234.
- JONES, M.H., LIVERANT, S. — Effects of age differences on choice behavior. — *Child Developm.*, 1960, 31, 673-680.
- JONES, M.R., MYERS, J.L. — A comparison of two methods of event randomization in probability learning. — *J. exp. Psychol.*, 1966, 72, 909-911.
- KARSH, E.B., SUPPES, P. — Probability learning of rats in continuous time experiments. — *Psychon. Sci.*, 1964, 1, 361-362.
- KATZ, L. — Effects of differential monetary gain and loss on sequential two-choice behavior. — *J. exp. Psychol.*, 1964, 68, 245-249.
- KOEHLER, J., Jr. — Role of instructions in two-choice verbal conditioning with contingent partial reinforcement. — *J. exp. Psychol.*, 1961, 62, 122-125.
- LAMBERT, R., ZALESKA, M. — Choix d'une stratégie en fonction du mode de présentation d'une série aléatoire imaginaire de fréquence connue et déterminants du comportement rationnel. — *Bull. C.E.R.P.*, 1966, 15, 17-38.
- LAWRENCE, D.H. — The nature of a stimulus: some relationships between learning and perception, in KOCH, S. (ed.). — *Psychology: a study of a science*, vol. V, New-York, Mc Graw Hill, 1963, p. 179-212.
- LEWIS, D.J. — Partial reinforcement: a selective review of the literature since 1950. — *Psychol. Bull.*, 1960, 57, 1-28.
- LINDMAN, H., EDWARDS, W. — Supplementary report: unlearning the gambler's fallacy. — *J. exp. Psychol.*, 1961, 62, 630.
- LLOYD, K.E., REID, L.S., FEALOCK, J.B. — Short-term retention as a function of average number of items presented. — *J. exp. Psychol.*, 1960, 60, 201-207.
- LUCE, R.D., BUSH, R.R., GALANTER, E. (eds). — *Handbook of mathematical psychology*, New-York, J. Wiley, 3 vol., 1963-1965.
- MATALON, B. — Apprentissages en situations aléatoires et systématiques, in GOUTARD, M., GRECO, P., MATALON, B., PIAGET, J. — *La logique des apprentissages*, Etudes d'épistémologie génétique, Paris, P.U.F., 1959, 61-91.
- MCCRACKEN, J., OSTERHOUT, C., VOSS, J.F. — Effects of instructions in probability learning. — *J. exp. Psychol.*, 1962, 64, 267-271.
- MCGAUGH, J.L. . . *A multi-trace view of memory storage processes*, paper presented at the International symposium on recent advances in learning and retention, Univ. of Sassari, Rome 2-6 mai, 1967 (document ronéotypé).
- MELERA, R.P. — Probability learning in the T-maze as a function of proportion of reinforcement. — *Psychon. Sci.*, 1966, 5, 331-332.
- MELTON, A.W. — Implications of short-term memory for a general theory of memory. — *J. verb. Learn. verb. Behav.*, 1963, 2, 1-21.
- MELTON, A.W. — The taxonomy of human learning: overview, in MELTON, A.W. (ed.). — *Categories of human learning*, New-York, Academic Press, 1964, p. 325-339.
- MESSICK, D.M. — The utility of variability in probability learning. — *Psychon. Science*, 1965, 3, 355-356.

- METZGER, R. — Probability learning in children and aments. — *Amer. J. ment. Defic.*, 1960, **64**, 869-874.
- MILLER, G.A. — The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychol. Rev.*, 1956, **63**, 81-97.
- MILLER, N.E. — Liberalization of basic S-R concepts: extensions to conflict behavior, motivation, and social learning, in KOCH, S. (ed.). — *Psychology: a study of a science*, vol. II, New-York, Mc Graw Hill, 1959, p. 196-292.
- MORSE, E.B., RUNQUIST, W.N. — Probability matching with an unscheluded random sequence. — *Amer. J. Psychol.*, 1960, **73**, 603-607.
- MYERS, J.L., REILLY, R.E., TAUB, H.A. — Differential cost, gain, and relative frequency of reward in a sequential choice situation. — *J. exp. Psychol.*, 1961, **62**, 357-360.
- MYERS, J.L., FORT, J.G., KATZ, L., SUYDAM, M.M. — Differential monetary gains and losses and event probilities in a two-choice situation. — *J. exp. Psychol.*, 1963, **66**, 521-522.
- NEIMARK, E.D. — *Effects of type of non-reinforcement and number of alternative responses in two verbal conditioning situations*, Ph. D. Thesis, Indiana Univ., 1953, cité par BUSH, R.R., MOSTELLER, F. — *Stochastic models for learning*, New-York, J. Wiley, 1955.
- NEIMARK, E.D. — Effects of type of non reinforcement and number of alternative responses in two verbal conditioning situations. — *J. exp. Psychol.*, 1956, **52**, 209-220.
- NEIMARK, E.D., SHUFORD, E.H. — Comparisons of predictions and estimates in a probability learning situation. — *J. exp. Psychol.*, 1959, **57**, 294-298.
- NICKS, D.C. — Prediction of sequential two-choice decisions from event runs. — *J. exp. Psychol.*, 1959, **57**, 105-114.
- NIES, R.C. — Effects of probable outcome information on two-choice learning. — *J. exp. Psychol.*, 1962, **64**, 430-433.
- NORMAN, M.F., YELLOTT, J.I., Jr. — Probability matching. *Psychometrike*, 1966, **31**, 43-60.
- OLERON, P. — Les activités intellectuelles, in FRAISSE, P., PIAGET, J. — *Traité de psychologie expérimentale*, fasc VIII, Paris, P.U.F., 1963, p. 1-63.
- OVERALL, J.E., BROWN, W.L. — Recency, frequency, and probability in response prediction. — *Psychol. Rev.*, 1957, **64**, 314-323.
- OVERALL, J.E., BROWN, W.L. — A comparison of the decision behavior of rats and of human subjects. — *Amer. J. Psychol.*, 1959, **72**, 258-261.
- PANDA, K.C. — The effect of different methods of stimulus presentation upon acquisition in a two-choice learning situation. — *Psychologia Kyoto*, 1962, **5**, 217-220.
- PARDUCCI, A. — Alternative measures for the discrimination of shift in reinforcement-ratio. — *Amer. J. Psychol.*, 1957, **70**, 194-202.
- PARDUCCI, A., POLT, J. — Correction vs. non-correction with changing reinforcement schedules. — *J. comp. physiol. Psychol.*, 1958, **51**, 492-495.
- PAVLOV, I.P. — *Conditioned reflexes*, Oxford Univ. Press, 1927.
- PETERSON, C., ULEHLA, Z.J. — Uncertainty, inference difficulty, and probability learning. — *J. exp. Psychol.*, 1964, **67**, 523-530.
- RATH, G.J. — Randomization by humans. — *Amer. J. Psychol.*, 1966, **79**, 97-103.
- REID, L.S., LLOYD, K.E., BRACKETT, H.R., HAWKINS, W.F. — Shor-term retention as

- a function of average storage load and average load reduction. — *J. exp. Psychol.*, 1961, **62**, 518-522.
- RESTLE, F. — *Psychology of judgement and choice*, New-York, J. Wiley, 1961, 235 p.
- RESTLE, F. — Run structure and probability learning: disproof of Restle's model. — *J. exp. Psychol.*, 1966, **72**, 382-389.
- ROSE, R.M., VITZ, P.C. — The role of runs in probability learning. — *J. exp. Psychol.*, 1966, **72**, 751-760.
- ROUANET, H. — *Recherches sur les modèles stochastiques d'apprentissage*, Thèse de doctorat de 3^e cycle, exemplaire ronéotypé, 1964.
- ROUANET, H. — La notion d'utilité en psychologie: recherches théoriques et expérimentales, in PALMADE, J. (ed.). — *L'économie et les sciences humaines*, Paris, Dunod, 1967.
- ROUANET, H. — *Les modèles stochastiques d'apprentissage*, Paris, Gauthier Villars, 1967.
- ROUANET, H., ACKERMANN, W. — Quelques développements récents des modèles stochastiques d'apprentissage. — *Bull. C.E.R.P.*, 1963, **12**, 261-307.
- ROUANET, H., ACKERMANN, W. — *Modèles stochastiques d'apprentissage*, Maison des sciences de l'homme, centre de calcul, exemplaire ronéotypé, 1965.
- RUBINSTEIN, I. — Some factors in probability matching. — *J. exp. Psychol.*, 1959, **57**, 413-416.
- SAVAGE, L.J. — The theory of statistical decision. — *J. Amer. Statist. Ass.*, 1951, **46**, 55-67.
- SHELLY, M.W. — The effects of response contingent probabilities which favor response change. — *J. exp. Psychol.*, 1958, **56**, 239-245.
- SHELLY, M.W. — Effects of increments of reinforcement in human probability learning. — *J. exp. Psychol.*, 1960, **59**, 345-350 (a).
- SHELLY, M.W. — Supplementary report: further factors affecting the probability of changing responses. — *J. exp. Psychol.*, 1960, **59**, 430-431 (b).
- SHEPARD, R.N. — Application of a trace model to the retention of information in a recognition task. — *Psychometrika*, 1961, **26**, 185-203.
- SHEPARD, R.N., TEGHTSOONIAN, M. — Retention of information under conditions approaching a steady state. — *J. exp. Psychol.*, 1961, **62**, 302-309.
- SIEGEL, S. — Theoretical models of choice and strategy behavior: stable state behavior in the two-choice uncertain outcome situation. — *Psychometrika*, 1959, **24**, 303-316.
- SIEGEL, S. — Decision making and learning under varying conditions of reinforcements. — *Annals of the New York Acad. Sci.*, 1961, **89**, 766-783.
- SIEGEL, S., ANDREWS, J. McM. — Magnitude of reinforcement and choice behavior in children. — *J. exp. Psychol.*, 1962, **63**, 337-341.
- SIEGEL, S., GOLDSTEIN, D.A. — Decision making behavior in a two-choice uncertain outcome situation. — *J. exp. Psychol.*, 1959, **57**, 37-42.
- SIMON, H.A. — A comparison of game theory and learning theory. *Psychometrika*, 1956, **21**, 267-272.
- SKINNER, B.F. — *The behavior of organisms*, New-York, Appleton Century Crofts, 1938.
- STERNBERG, S.H. — A path-dependent linear model, in BUSH, R.R., ESTES, W.K. (eds). — *Studies in mathematical learning theory*, Stanford, Stanford Univ. Press, 1959, p. 308-339 (a).

- STERNBERG, S.H. — Application of four models to sequential dependence in human learning, in BUSH, R.R., ESTES, W.K. (eds). — *Studies in mathematical learning theory*, Stanford, Stanford Univ. Press, 1959, p. 340-380 (b).
- STEVENSON, H.W., WEIR, M.W. — Variables affecting children's performance in a probability learning task. — *J. exp. Psychol.*, 1959, **57**, 403-412.
- STEVENSON, H.W., ZIGLER, H.H. — Probability learning in children. — *J. exp. Psychol.*, 1958, **56**, 185-192.
- STILL, A.W. — Repetition and alternation in rats. — *Quart. J. exp. Psychol.*, 1966 a, **18**, 103-108.
- STILL, A.W. — Spontaneous alternation and pattern of reinforcement. — *Quart. J. exp. Psychol.*, 1966 b, **18**, 109-118.
- SUPPES, P., ATKINSON, R.C. — *Markov learning models for multiperson interactions*, Stanford, Stanford Univ. Press, 1960.
- TAUB, H.A., MYERS, J.L. — Differential monetary gains in a two-choice situation. — *J. exp. Psychol.*, 1961, **61**, 157-162.
- THURSTONE, L.L. — A law of comparative judgment. — *Psychol. Rev.*, 1927, **34**, 273-286.
- TODA, M. — Guessing sequence under various conditions of payoff. — *Jap. psychol. Res.*, 1956, n° 4, 11-22.
- TOLMAN, E.C., BRUNSWIK, E. — The organism and the causal texture of the environment. — *Psychol. Rev.*, 1935, **42**, 43-77.
- UHL, C.N. — Two-choice probability learning in the rat as a function of incentive, probability of reinforcement and training procedure. — *J. exp. Psychol.*, 1963, **66**, 443-449.
- VAN DER MEER, H.C. — The influence of instruction on a two-choice probabilistic learning task under partial reinforcement. — *Acta Psychol.*, 1960, **17**, 357-376.
- WATSON, J.B. — *Psychology from the standpoint of a behaviorist*, Philadelphia, Lippincott, 1919, 479 pp.
- WEINSTOCK, S., NORTH, A.J., BRODY, A.L., LOGUIDICE, J. — Probability learning in the T-maze with non correction. — *J. comp. physiol. Psychol.*, 1965, **60**, 76-81.
- WEIR, M.W. — Effects of age and instructions on children's probability learning. — *Child Developm.*, 1962, **33**, 729-735.
- WEIR, M.W. — Developmental changes in problem-solving strategies. — *Psychol. Rev.*, 1964, **71**, 473-490.
- WEITZMAN, R.A. — Positional matching in rats and fish. — *J. comp. Physiol. Psychol.*, 1967, **63**, 54-59.
- WILLIAMS, J.R., FISH, D.L. — Effect of item length and number of different elements on immediate memory. — *Psychon. Science*, 1965, **3**, 353-354.
- WILSON, W.A. Jr. — Supplementary report: two-choice behavior of monkeys. — *J. exp. Psychol.*, 1960, **59**, 207-208.
- WINEFIELD, A.H. — Negative recency and event-dependence. — *Quart. J. exp. Psychol.*, 1966, **18**, 47-54.
- WYCKOFF, L.B., SIDOWSKI, J.B. — Probability discrimination in a motor task. — *J. exp. Psychol.*, 1955, **50**, 225-231.
- YNTEMA, D.B., MUESER, G.E. — Remembering the present states of a number of variables. — *J. exp. Psychol.*, 1960, **60**, 18-22.
- YNTEMA, D.P., MUESER, G.E. — Keeping track of variables that have few or many states. — *J. exp. Psychol.*, 1962, **63**, 391-395.

IMPRIMERIE LOUIS-JEAN

Publications scientifiques et littéraires

TYPO - OFFSET

05 - GAP - Téléphone 14-23 *

Dépôt légal 384 - 1971

